



Apport de l'ordinateur à l'apprentissage des écritures multiplicatives au cours élémentaire.

Denis Butlen

► To cite this version:

Denis Butlen. Apport de l'ordinateur à l'apprentissage des écritures multiplicatives au cours élémentaire.. Histoire et perspectives sur les mathématiques [math.HO]. Université Paris VII, 1985. Français. <tel-01250702>

HAL Id: tel-01250702

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01250702>

Submitted on 5 Jan 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE PARIS VII

THESE 3^{ème} CYCLE

SPECIALITE: DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES

PRESENTEE PAR: Monsieur BUTLEN Denis

SUJET de la THESE Apport de l'ordinateur à l'apprentissage
des écritures multiplicatives au cours élémentaire.

soutenue le 12 Juin 1985 devant la commission d'examen

JURY: Mr A. REVUZ

Mme A. ROBERT

Mr CHASTENET DE GERY

invitée : Mme M.J PERRIN

Tout d'abord, c'est à Madame A. ROBERT que je dois adresser mes plus vifs remerciements, car c'est grâce à ses encouragements et à ses conseils que ce travail a pu être réalisé. Mais je dois aussi remercier M. REVUZ, M. CHASTENET et M.-J. PERRIN dont l'aide a été très précieuse.

Ce travail s'inscrit dans celui de l'équipe élémentaire de l'I.R.E.M. de Paris-Sud, il n'a pu être réalisé que grâce à la participation :

- de Madame LEPINET et M. BOYER, instituteurs à l'Ecole Annexe de l'Ecole Normale d'Institutrices de PARIS;

- de Mesdames GOUTARD et HUGUES, institutrices dans le 20ème arrondissement de PARIS;

- de Françoise TREHARD qui a construit et expérimenté avec moi la première situation exposée dans cette étude;

- de J. MAC ALEESE, C. LETHIELLEUX, F. DORRA et D. LACHAUSSEE qui m'ont aidé dans l'observation des élèves.

Je les remercie très vivement.

Je remercie F. COLMEZ, Directeur de l'I.R.E.M.

Je remercie également Mesdames Barenghi et Dieraert qui ont participé à la frappe et au tirage et qui m'ont toujours accueilli avec une gentillesse à toute épreuve.

INTRODUCTION

PREMIER CHAPITRE. ANALYSE DES RECHERCHES EFFECTUEES SUR L'APPRENTISSAGE DE LA MULTIPLICATION, DES PROGRAMMES OFFICIELS ET DES MANUELS SCOLAIRES DU CE 1^{ère} ANNEE.

- 1°) Analyse des recherches effectuées sur la multiplication
- 2°) L'évolution des programmes de 1882 à nos jours
- 3°) Analyse de 10 manuels scolaires du CE 1

CHAPITRE DEUX : ETUDE D'UNE PREMIERE SITUATIONI - CADRE DE LA RECHERCHEA - Réflexions sur l'introduction de la notion d'écritures multiplicatives au cours élémentaire

- 1°) Présentation de la progression proposée par le E.R.M.E.L.
- 2°) Remarques sur la séquence d'introduction des écritures multiplicatives proposée par cet ouvrage.
- 3°) Jeu de cadres mis en oeuvre lors de l'introduction de cette notion, analyse de la notion.

B - Propriétés spécifiques de l'outil/ordinateur intervenant dans l'apprentissage des notions mathématiques.

- 1°) Propriétés intervenant lors de l'apprentissage de l'élève
- 2°) Apports de l'outil/ordinateur pour les recherches en didactique.

II - PRESENTATION DE LA SITUATION N°1.A - Présentation du cycle expérimental.

- 1°) Analyse de la tâche globale de l'élève, apports de l'ordinateur.

APPORT DE L'ORDINATEUR
A L'APPRENTISSAGE DES ÉCRITURES
MULTIPLICATIVES AU COURS ÉLÉMENTAIRE

II

2°) Description du cycle expérimental.

- a) connaissances préalables des élèves.
- b) première phase : phase d'apprentissage des commandes du logiciel.
- c) deuxième phase : description de l'expérience.
- d) troisième phase : description de la séquence d'institutionnalisation.
- e) quatrième phase : description du post-test.

B - Conditions expérimentales

- 1°) Les conditions expérimentales.
- 2°) Les restrictions "expérimentales", le choix des expérimentateurs.

III - ANALYSE DES RESULTATS DE LA SITUATION N°1

A - Analyse des résultats de la phase d'apprentissage des commandes

B - Analyse des résultats de la phase n°2

- 1°) Analyse de procédures de résolution des élèves.
- 2°) Analyse des réponses des élèves.
- 3°) Conclusions portant sur cette analyse.

C - Analyse des résultats du post-test

- 1°) Types de dénombrement utilisés par les élèves.
- 2°) Analyse des réponses des élèves.
- 3°) Conclusion.

IV - Conclusions portant sur la situation n°1

III

CHAPITRE TROIS : ETUDE D'UNE SECONDE SITUATION

I - PRESENTATION DE LA SITUATION N°2.

A) Analyse d'une situation analogue n'utilisant pas l'ordinateur.

- 1°) Présentation de la situation proposée par le E.R.M.E.L.
- 2°) Remarques portant sur cette activité.
- 3°) Apports de l'ordinateur à la situation proposée.

B) Présentation de la situation n°2.

1°) Présentation du logiciel.

- a) Listing
- b) description du logiciel
- c) cycle de 7 grilles
- d) consigne

2°) Analyse de la tâche de l'élève

3°) Hypothèses testées

C) Conditions expérimentales

II - ANALYSE DES RESULTATS DE LA SITUATION N°2.

A) Analyse des résultats de la classe de CE 2

- 1°) Analyse des réponses des élèves.
- 2°) Analyse des stratégies mises en oeuvre par les élèves.
- 3°) Influence de l'introduction d'un ordinateur sur les relations enseignant-enseigné-savoir.
- 4°) Conclusions.

B) Analyse des résultats de la classe de CE 1 - Comparaison de ceux-ci avec ceux de la classe précédente.

- 1°) Analyse des réponses des élèves.
- 2°) Analyse des stratégies.
- 3°) Influence de l'ordinateur sur les relations enseignant-enseigné-savoir
- 4°) Conclusions.

III-Conclusions portant sur la situation n°2

CHAPITRE QUATRE : ANALYSE DES DIFFERENCES DE COMPORTEMENT

I - ETUDE DE LA CLASSE DE CE 2 (M. BOYER, ECOLE ANNEXE DE L'E.N.I. de PARIS)

A) Corrélation entre origine sociale et réussite scolaire

- 1°) Origine socio-professionnelle des élèves
- 2°) Niveau scolaire des élèves
- 3°) Corrélation entre origine socio-professionnelle et réussite scolaire

B) Analyse des différences de résultats et de comportements à la 1ère situation, lien avec le niveau scolaire des élèves

- 1°) Analyse des résultats de la 2ème phase
- 2°) Analyse des résultats de la 4ème phase
- 3°) Progrès réalisés par les élèves entre les phases 2 et 4
- 4°) Conclusions

C) Analyse des différences de résultats et de comportements lors de la 2ème situation, lien avec le niveau scolaire des élèves

- 1°) Analyse des réponses des élèves
- 2°) Analyse des stratégies

D) Etude des comportements des élèves en fonction de l'origine sociale

- 1°) Remarque sur la corrélation entre origine sociale et niveau scolaire
- 2°) Etude de la situation n°1
- 3°) Etude de la situation n°2

II - ETUDE DE LA CLASSE DE CE 1 (Mme GOUTARD, ECOLE D'APPLICATION, rue COMPANS PARIS 19ème)

Analyse des résultats et comportements à la 2ème situation, lien avec le niveau scolaire des élèves.

- 1°) Analyse des réponses des élèves
- 2°) Analyse des stratégies
- 3°) Conclusions

CONCLUSIONS

ANNEXES

I N T R O D U C T I O N

Dans cette étude nous nous proposons de cerner l'apport spécifique par l'outil ordinateur pour l'apprentissage et pour l'enseignement d'une notion mathématique. Pour cela, nous avons choisi de tester deux situations utilisant un didacticiel et permettant d'introduire la notion d'écriture multiplicative au cours élémentaire.

Nous avons choisi d'étudier l'introduction de la multiplication car de nombreuses études ont été faites par les I.R.E.M., les didacticiens sur cette notion. De ce fait, nous pouvons nous appuyer sur ces travaux pour mieux déterminer ce que peut être l'apport spécifique de l'ordinateur à l'enseignement de cette notion.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche effectuée par l'équipe école élémentaire/informatique de l'I.R.E.M. de Paris VII (*). Cette équipe essaie de construire, d'expérimenter plusieurs séquences utilisant des logiciels visant à l'apprentissage des nombres à l'école élémentaire (nombres entiers naturels, nombres décimaux et rationnels) et des opérations (notamment multiplication et division).

En 1983-1984, la recherche a porté plus particulièrement sur :

- l'apprentissage des entiers naturels au cours élémentaire 1ère année deux logiciels ont été construits par J. Mac Aleese et A. de Boissieu.

- l'apprentissage de la multiplication au cours élémentaire 1ère année en plus des deux situations exposées dans cette étude, deux didacticiels ont été expérimentés par J. Mac Aleese et Anne de Boissieu sur ce thème portant sur le dénombrement et/ou la réorganisation en grilles rectangulaires de nuages de points distribués aléatoirement à l'écran (à l'aide du crayon optique).

La recherche se poursuit actuellement dans deux directions :

- La mise au point et l'expérimentation de plusieurs didacticiels

(*) L'équipe comportait en 1983-84 :

- deux maître-assistantes : Jacqueline Mac Aleese et Anne de Boissieu
- deux professeurs d'Ecole Normale : Françoise Tréhard et Denis Butlen
- quatre instituteurs (C.P.E.N.) : M. Boyer, Mesdames Lepinet, Hugues et Goutard.

Elle est constituée pour l'année 1984-85 de :

- deux P.E.N. : Claire Lethielleux et Denis Butlen
- trois instituteurs de cours élémentaire : M. Boyer, Mesdames Lepinet et Goutard

NB. C.P.E.N. Conseiller Pédagogique auprès du Directeur de l'Ecole Normale.

portant sur :

- . la construction d'un ou de plusieurs algorithmes de la multiplication à partir du "découpage" (à l'aide d'un curseur) d'une grille rectangulaire en sous-grilles, aisément dénombrables à l'aide de produits simples, connus.

- . l'introduction de la division au cours moyen 1ère année, à l'aide d'un logiciel simulant "la course à N" : il s'agit pour l'élève (jouant contre l'ordinateur, ou contre un de ses pairs de réussir à atteindre le nombre "20" (par exemple) en ajoutant 1 ou 2 (par exemple) au nombre proposé par l'autre. La course étant simulée à l'écran à l'aide du déplacement d'un curseur sur une droite numérique.

- . l'introduction des décimaux à partir des rationnels en utilisant des logiciels permettant d'introduire la notion de rationnel à partir de déplacements sur une droite numérique.

- La mise au point par Françoise Tréhard d'une typologie des logiciels existant actuellement.

Les deux situations étudiées dans cette recherche ont été construites à partir de situations mises au point par l'I.R.E.M. de Bordeaux (voir chapitre I) et reproduites dans l'ouvrage de l'I.N.R.P. : le E.R.M.E.L. (voir chapitre II et III).

Cette étude comporte quatre chapitres :

- le chapitre I est consacré à un résumé des travaux effectués par différents I.R.E.M. sur la multiplication, il comporte également l'analyse de l'évolution des programmes officiels sur cette notion et l'analyse de dix manuels scolaires.

- les chapitres II et III décrivent respectivement les situations 1 et 2.

- le chapitre IV porte sur l'analyse des différences de comportement des élèves des deux classes testées lors de la passation de ces situations (ceci à partir du niveau scolaire général de ces élèves, et à partir de leur origine sociale).

CHAPITRE UN : ANALYSE DES RECHERCHES
EFFECTUÉES EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES,
DES PROGRAMMES OFFICIELS ET DES MANUELS SCOLAIRES
PORTANT SUR L'APPRENTISSAGE DE LA MULTIPLICA-
TION AU COURS ÉLÉMENTAIRE.

Introduction

Afin de resituer notre recherche dans le cadre des recherches déjà effectuées en didactique des mathématiques sur la multiplication au cours élémentaire, nous allons essayer de dégager les grandes lignes de ces dernières. De même nous sommes amenés à nous intéresser à l'évolution des programmes officiels portant sur cette question et à étudier le point de vue des manuels en usage actuellement à l'école primaire.

Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'introduction des écritures multiplicatives au cours élémentaire 1ère année. Toutefois il nous a paru nécessaire, sans pour autant en faire un étude approfondie, de resituer cette notion dans le cadre plus global de l'introduction de la multiplication au C.E.

Nous suivrons donc le plan suivant :

- 1) Analyse des recherches effectuées en didactique des mathématiques et portant sur l'introduction de la multiplication au C.E.
- 2) Analyse de l'évolution des programmes de l'école élémentaire de 1880 à nos jours.
- 3) Analyse d'une dizaine de manuels scolaires édités après la dernière réforme des programmes officiels.

ANALYSE DES TRAVAUX EFFECTUÉS
EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES
SUR LA MULTIPLICATION

1°) Introduction

Nous avons décidé d'exposer les résultats de différents travaux effectués sur la multiplication par les I.R.E.M., les U.E.R. de didactique des mathématiques et par l'A.P.M.E.P. en traitant un certain nombre de thèmes, à savoir :

- 1) sur quelle(s) définition(s) de la multiplication des entiers naturels du produit de deux entiers naturels, s'appuie l'enseignement de cette notion.
- 2) En fonction de cette ou de ces définitions, quelle progression d'apprentissage est proposée, quelles situations didactiques sont étudiées.
- 3) Quelles sont les différentes notions mathématiques qui, d'après les auteurs, doivent être enseignées parallèlement à la multiplication pour que cet enseignement soit efficace.
- 4) Quels sont les problèmes soulevés par l'apprentissage d'un ou de plusieurs algorithmes de la multiplication.
- 5) Quelle est la part jouée par le temps dans l'acquisition des structures multiplicatives.

N.B. Les travaux et publications consultées sont signalés en annexe.

1°) La signification sémantique prise par le signe " \times " à l'école élémentaire

Dans leurs travaux sur la multiplication et les écritures multiplicatives, les auteurs sont amenés à traiter ce problème de deux points de vues :

- d'une part, quel est l'objet de savoir intervenant dans la définition, proposée aux enfants, du produit de deux naturels (la réponse est unanime : le produit cartésien).

- d'autre part, quels types de situation, la multiplication permet-elle de mathématiser.

Les deux points de vue sont évidemment liés et conduisent à proposer une même série d'activités permettant d'introduire l'écriture $a \times b$, avec toutefois une certaine différence d'appréciation sur la place que doit tenir l'enseignement du produit cartésien, en tant que tel, à l'école élémentaire. Nous allons essayer de cerner les deux points signalés ci-dessus, et d'en montrer l'impact sur les propositions d'enseignement.

a) La place du produit cartésien dans l'enseignement de la multiplication.

Comme nous l'avons signalé plus haut, tous les travaux montrent que la définition du produit de deux naturels découle immédiatement de la définition du produit cartésien de deux ensembles, l'écriture $a \times b$ désigne le cardinal du produit cartésien de deux ensembles ayant respectivement a et b éléments. La multiplication étant alors définie comme une loi de composition interne dans \mathbb{N} . La nécessité de clarifier, pour les instituteurs, le statut mathématique de l'écriture $a \times b$, amène, par exemple l'I.R.E.M. de Bordeaux, à exposer une étude théorique (assez simple) de cette notion dans le numéro 10 des cahiers sur l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire. [10] (1972-1973).

Toutefois, cet accord ne se traduit pas toujours de la même façon dans les activités proposées aux élèves lors de l'introduction de l'écriture multiplicative, et cette traduction évolue dans le temps chez les chercheurs eux-mêmes.

Ainsi Guy Brousseau, M. Bourgeois et C. Pezeen 1972-73 dans l'ouvrage cité ci-dessus construisent deux leçons (les deux premières leçons sur la multiplication)

- l'une portant "sur la construction de l'ensemble produit et la désignation de couples" basée sur une activité de communication revenant à repérer une case dans un tableau cartésien;

- l'autre ayant pour but, cité explicitement, de "faire découvrir la compatibilité de la relation d'équivalence (équipotence) avec la multiplication.

Les élèves devant classer une dizaine de tableaux d'après le nombre de cases, dans un premier temps, et dans un second temps, rendre compte de ce classement par l'utilisation d'un codage (en l'occurrence l'écriture $a \times b$).

De même l'I.R.E.M. de Grenoble relatant, dans un article publié dans la revue grand N (numéro spécial CE) [17] des expériences effectuées entre 1973 et 1975 propose des activités de combinatoire et d'ensembles produits, en précisant : "Cette activité n'est pas indispensable pour parvenir à la technique de la multiplication, mais nous pouvons remarquer qu'elle a souvent été abordée dès le CP et que les enfants cherchent spontanément à dénombrer les couples d'un ensemble-produit". Les activités de combinatoire consistent à dénombrer et à représenter (à l'aide d'arbres, de diagrammes sagittaux ou de tableaux à double entrée) le nombre de bateaux que l'on peut former à l'aide de coques de 4 couleurs et de voiles de 3 couleurs distinctes; les activités portant sur les ensembles-produits et leur traduction par l'écriture multiplicative, étant semblables à celles exposées par l'I.R.E.M. de Bordeaux [10].

Le reste des travaux spécifie, plus ou moins clairement, qu'il n'est pas utile d'étudier, en tant que telle, cette notion :

- J. Lecoq dans la revue de l'A.P.M.E.P. consacrée à la multiplication [1] propose, afin de préparer l'étude de la multiplication, de familiariser l'enfant avec des situations pouvant se représenter à l'aide de tableaux à double-entrée, mais signale "qu'il ne s'agit pas ici de mettre en place les concepts de couple et de produit cartésien. Ces notions sont inutiles et prématurées au niveau de la représentation en rectangle que l'on désire mettre en place".

- De même, l'équipe élémentaire de l'I.R.E.M. de Paris-Sud dans la brochure "Nombre à l'école élémentaire" [3] remarque (page 48) : "rattacher la multiplication à la mesure-produit" (nous expliciterons cette notion en b)) "ne suppose pas que l'on ait fait une étude exhaustive du produit cartésien et de ses propriétés (...). Si l'on veut introduire la multiplication à partir de tableaux cartésiens obtenus dans une situation de dénombrement par exemple, ce qui sera important, ce sera de constater que le nombre de cases du tableau ne dépend que du nombre de lignes et de colonnes du tableau : il faudra en quelque sorte oublier son contenu. Mais on peut aussi se passer des tableaux cartésiens, demander aux enfants de dessiner des rectangles et de poser un jeton dans chaque case, les leur faire ranger, découper (...)".

On retrouve cela dans l'ouvrage de G. Deramécourt : "la multiplication au CE", publication de l'I.R.E.M. de Bordeaux, postérieure à celle déjà citée, [8] qui se prévoit d'aborder l'étude du produit cartésien que dans un chapitre "situation-problèmes" (au CE 1 et au CE 2 que pour l'étude de l'associativité de la multiplication.

Janine Rogalski dans son étude sur l'acquisition de la bidimensionnalité chez les élèves d'âge préscolaire et scolaire" [4] signale que "l'objet de savoir "produit cartésien" n'est pratiquement pas objet d'enseignement dans l'enseignement élémentaire et du 1er cycle du second degré", elle remarque qu'il "(...) fonctionne comme "connaissance implicite" et non objet d'enseignement", qu'en ce qui concerne "la connaissance de l'enfant, issue de ses activités socio-cognitives générales, prend beaucoup plus de place dans son développement cognitif que la connaissance institutionnalisée". Elle souligne l'importance de l'étude de cette acquisition "spontanée" (prise dans le sens d'une construction extra-scolaire) "pour analyser ce qui se passe dans l'école lors de l'enseignement de notions relevant du champ conceptuel dans lequel on peut situer le produit cartésien".

Ainsi nous constatons que si la multiplication fait directement référence à une modélisation mathématique en terme de produit cartésien, le produit cartésien n'est pas étudié en tant que tel, dans l'enseignement, il prend un statut implicite qui est censé fonctionner lors de la modélisation de situation pouvant s'y référer. Toutes les recherches que nous avons étudiées adoptent donc le même point de vue à cet égard.

b) analyse des situations susceptibles d'être mathématisées à l'aide de la multiplication lors de la présentation de cette notion.

L'ensemble des travaux étudiés montre la nécessité, et/ou choisissent de présenter la multiplication à partir de situations où elle prend un statut de mesure-produit.

Dans "nombres à l'école élémentaire", les auteurs relèvent deux types de situations susceptibles d'être mathématisées à l'aide de la multiplication :

- une situation de type loi externe de $\mathbb{N} \times \mathbb{D}$ dans \mathbb{D} pouvant se traduire par l'étude de la correspondance entre, par exemple le nombre de tours de manège à 3 francs, le tour et le prix que l'on doit payer pour effectuer ces tours. Situation où la multiplication apparaît comme l'écriture réduite d'une addition répétée ;

- une situation du type loi interne de $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ dans \mathbb{N} (ou de $\mathbb{D} \times \mathbb{D}$ dans \mathbb{D}) qui se traduit par l'évaluation du cardinal de l'ensemble $A \times B$ en fonction des cardinaux de A et B ou par l'aire d'un rectangle en fonction des mesures de ses côtés. Situation où la multiplication est une mesure-produit.

Les arguments légitimant ce choix, sont exposés le plus clairement et le plus complètement par J. Lecoq dans la brochure de l'A.P.M.E.P. [1] qui analyse dans un premier temps l'introduction de la multiplication à partir des additions répétées, dans cette analyse l'auteur considère que cette introduction si elle e

légitime, n'est pas adaptée aux élèves de CE, et ceci pour les raisons suivantes :

- n et p ne se réfèrent pas à des "objets" de même nature :

$$n \times p = \underbrace{p + p + \dots + p}_{n \text{ termes}} \quad (\text{voir [1]})$$
 - . au niveau manipulateur : n désigne un nombre d'ensembles, p le nombre d'éléments de chaque ensemble,
 - . au niveau numérique : p désigne le nombre qui est répété dans l'écriture $p + p + \dots + p$ et n le nombre de répétition du symbole "p" ;
- cette différence de nature ne traduit pas et même s'oppose à la commutativité de la multiplication;
- de plus elle conduit à certains abus $p + p + \dots + p$ s'écrivant $n \times p$ et se lisant "n fois p" et non $p \times n$ désignant $n + \dots + n$ (et se lisant "p fois n");
- cette présentation introduit des difficultés d'ordre perceptif chez l'enfant qui doit percevoir simultanément trois types d'objets :
 - . n collections 2 à 2 disjointes
 - . $n \times p$ objets (ou éléments d'une collection)
 - . des correspondances un à un (pour s'assurer que les collections sont équipotentes);
- elle ne constitue pas un outil efficace d'exploration, notamment elle ne permet pas de représenter simplement la distributivité à droite de la multiplication par rapport à l'addition;
- faute de représentation adaptée, elle conduit à une étude de la multiplication, se situant presque exclusivement au niveau des écritures.

L'analyse précédente conduit l'auteur à présenter la multiplication à partir de situations répondant aux quatre conditions suivantes :

- "lever les critiques formulées" ci-dessus;
- "engager l'activité manuelle et donner un outil - i.e. une représentation - bien adapté au problème étudié";
- "permettre aux enfants (dès le CE 1) de "faire des multiplications"", même sans avoir acquis une technique opératoire affinée;
- favoriser l'élaboration pour ceux-ci de techniques de calcul qui s'amélioreront avec leur pratique, leurs connaissances et leur souci d'économie.

Notons que le choix est le plus souvent exclusif, les travaux ne comportent pas d'activités permettant de relier les deux définitions (exception faite pour l'I.R.E.M. de Paris VII, l'équipe ayant dû tenir compte du fait que la multiplication avait été introduite précédemment à partir d'additions répétées).

Ce choix conduit généralement à présenter l'introduction de l'écriture $a \times b$ à partir de la situation de communication suivante [8].

Les élèves sont divisés en plusieurs équipes, chaque équipe est scindée en deux groupes : un groupe émetteur et un groupe récepteur. Le groupe émetteur possède une feuille portant des points disposés en rectangle (exemple 7×12) et une bande de papier destinée au message. Le groupe récepteur possède environ six feuilles de points disposés en rectangle, l'une d'elles est identique à une des feuilles du groupe émetteur (exemple : 8×7 , 7×10 , 9×8 , 7×12 , 9×12 , 12×13) et une boîte de 100 jetons.

Le groupe émetteur doit réaliser un message qui doit permettre au groupe récepteur de choisir parmi les six feuilles, la feuille correspondant à celle du groupe émetteur, et reconstituer à l'aide des jetons une collection correspondant au message. La validation des messages se faisant par confrontation des collections d'objets.

G. Deramecourt ([8]) propose la classification suivante des "bons" messages (ceux comportant une indication exacte sur le nombre d'objets de la collection)

- ou bien ces messages ne sont pas ceux attendus (par exemple ils sont du type $12 + 12 + 12 + \dots$ ou simplement 84) et il propose une reprise de l'activité en précisant les contraintes (il faut des messages plus courts dans le premier cas, ce n'est pas le message le plus rapide à obtenir, ni celui permettant une recherche la plus rapide pour les récepteurs dans le second cas).

- ou bien ces messages utilisent une écriture pertinente (7 lignes de 12, 7 rangées de 12, 7×12 , 7 lignes, 12 colonnes) et le maître donne l'écriture correcte utilisant le signe \times et propose (éventuellement) des exercices de renforcement du même type.

Nous analyserons plus en détail cette situation dans le chapitre n°2. Signalons toutefois le rôle joué par le facteur temps dans la production de "bons messages pertinents".

Cette activité est suivie dans [8] et [3] par une activité utilisant des caches, dont le but est de faire prendre conscience aux élèves que le nombre de points d'un tableau rectangulaire est déterminé par le nombre de lignes et le nombre de colonnes. On propose aux élèves des grilles incomplètes (un cache

* nous présentons ici l'introduction proposée par G. Deramecourt [8], les autres auteurs proposent (parfois avec quelques variations), des situations similaires.

masquant une partie des points), ils doivent déterminer le nombre d'éléments de la collection et coder celui-ci sous forme d'une écriture multiplicative, ils ont, selon les cas, la possibilité de se référer à des exemplaires de grilles complètes. Nous analyserons plus précisément cette situation dans le chapitre 3. Ces deux situations inspireront les situations 1 et 2 proposées aux chapitres 2 et 3.

2°) Etude de la période concernant la manipulation d'écritures multiplicatives indépendamment de la construction de techniques opératoires

Nous avons signalé ci-dessus les situations permettant d'introduire l'écriture $a \times b$, à partir du dénombrement des éléments d'une grille de points rectangulaire. Dans "Nombres à l'école élémentaire" les auteurs avant d'exposer leur point de vue soulignent le fait que la plupart des manuels scolaires suivent une démarche linéaire d'étude de la multiplication à savoir : introduction du signe \times - apprentissage d'une technique opératoire et parallèlement du repertoire multiplicatif standard (la table de multiplication), application à l'étude de situations multiplicatives, proportionnalité. Ils notent l'absence de liaison entre multiplication et division, ils optent pour une progression non linéaire, car ils considèrent "qu'avant d'acquérir une technique opératoire, l'enfant doit manipuler le langage" (écritures multiplicatives) "qu'il a construit et expérimentalement se forger un modèle implicite de son fonctionnement". Ils pensent qu'il faut lier (et ceci contrairement aux instructions officielles) multiplication et division, sans pour autant en construire les techniques (du moins immédiatement).

Ces considérations les amènent à proposer deux phases d'activités précédant l'apprentissage d'une technique opératoire.

→ Une première phase dont le but est d'assurer la définition de la multiplication dans le cadre où elle a été introduite et de faire trouver et reconnaître par les enfants des écritures équivalentes (afin de faire le lien avec l'addition répétée).

Cette phase comprend :

- . des activités de dénombrement portant sur des grilles rectangulaires et leur traduction par des écritures (additives, multiplicatives ou autres ...);
- . la recherche (à partir de l'organisation en grille d'un nombre donné de jetons) des écritures multiplicatives d'un entier donné;
- . la résolution de petits problèmes multiplicatifs simples portant sur des objets de même type ou de types différents;
- . l'élaboration par les élèves de problèmes multiplicatifs;
- . des activités permettant de faire le lien avec la numération en base

dix (décomposition polynômiale d'un nombre) ou non décimale (jeu de cible).

→ Une deuxième phase constituée par l'étude d'une situation fonctionnelle faisant intervenir la multiplication, la proportionnalité, des représentations graphiques d'applications linéaires, dont le point de départ est l'étude des prix de parking.

Ce souci de lier l'étude de la multiplication notamment à l'étude de la résolution de problèmes multiplicatifs et à la numération est partagé par tous les auteurs de travaux sur cette notion. Toutefois la nécessité du lien à faire entre multiplication et division est plus spécifique de l'I.R.E.M. de Paris VII. Il en est de même, dans une moindre mesure, pour l'importance accordée à l'étude de situations fonctionnelles, ainsi Deramécourt [8] ne fait ce lien que pour le CE 2. Le but de l'I.R.E.M. de Paris VII est, par l'étude de situations fonctionnelles, "de développer une utilisation implicite des propriétés de la structure (\mathbb{N} , $+$, \times , $<$, $=$) afin de rendre plus économique les calculs, d'enrichir le domaine numérique, de dépasser un point de vue ponctuel (chez l'élève)". [3].

Enfin signalons le souci exposé par Deramécourt [8], d'une part de faire la distinction entre écriture additive et écriture multiplicative, à partir de l'observation et d'un travail sur des représentations graphiques de collection d'objets et d'autre part de prévoir des activités montrant que l'écriture $a \times b$ n'est pas liée uniquement à une représentation sous forme de grille rectangulaire. Signalons à ce propos l'existence d'un didacticiel, élaboré par Jacqueline Mac Aleese, permettant à des élèves de réorganiser sous forme de grilles rectangulaires ("complètes" ou non suivant les cas) des nuages de points et de traduire par une écriture faisant intervenir les signes $+$ et \times , cette réorganisation.

3°) La construction d'un ou de plusieurs algorithmes de la multiplication

Afin de légitimer les choix pédagogiques effectués par les différentes équipes, sur ce point, nous serons amenés à traiter et exposer les thèmes suivants :

- l'importance du facteur temps dans cette construction et plus généralement dans l'acquisition des structures multiplicatives;
- les difficultés spécifiques de l'apprentissage d'une (ou de plusieurs) techniques opératoires de la multiplication;
- leurs traductions en terme de processus d'apprentissage et d'enseignement, notamment le rôle joué par la construction d'un répertoire multiplicatif (non standard);

a) le temps didactique

Nous avons déjà signalé l'importance de ce facteur lors des situations d'introduction des écritures multiplicatives (cf. chap I § 1 - 1 - b). Nous allons ici souligner un autre aspect : la durée importante nécessaire pour l'acquisition, l'élaboration d'une technique opératoire et plus généralement par l'acquisition des structures multiplicatives.

Tous les auteurs remarquent que la construction d'un ou de plusieurs algorithmes de la multiplication est un travail de longue haleine :

- "Toute construction est dialectique et une technique opératoire est, à un instant donné, le fruit d'un équilibre entre un répertoire et un certain savoir-faire. Cette technique évoluera avec le répertoire et les compétences calculatoires de l'enfant dans un souci d'économie pour aboutir à une forme stable. Si comme cela paraît préconisé, on se lance trop tôt dans l'apprentissage opératoire, une telle construction dialectique se fera mal. La tentation sera grande pour l'enfant de se réfugier dans un apprentissage par conditionnement, sécurisant pour lui, car il aura alors l'impression de répondre au désir de performance de son maître. Dans ces conditions, les propriétés mêmes qui auront servi à la justification de la technique apparaîtront comme tout à fait accessoires. La technique sera le refuge et le moyen d'appréhender la multiplication.

C'est ainsi que l'on voit des enfants au CM poser des opérations comme 240×20 ". ([2], page 187).

- J. Painchault [17] de Grenoble propose d'examiner les tables pendant une période de 3 mois au moins afin d'en décourvrir les propriétés.

- G. Deramécourt dans son film "répertoire multiplicatif" [6] rappelle la nécessité de construire lentement un algorithme multiplicatif, dans son document [8] sur la multiplication, il ne propose de construction effective que pour le CE 2. Il en est de même, pour l'équipe de Paris VII [3].

- J. Lecocq [1] remarque que l'apprentissage de la multiplication doit se poursuivre jusqu'à la 5e du premier cycle de secondaire.

- J. Painchault [17] ne propose la construction d'une technique élaborée de calcul, au CE 1, que pour des produits où le multiplicateur est un nombre à un chiffre (c'est d'ailleurs le seul, en dehors de certains manuels scolaires, à proposer ce schéma).

- L'équipe élémentaire de Paris VII propose une construction en 9 phases (voir c)), G. Deramécourt propose une progression s'étalant sur 15 leçons (24 séquences) au CE 1 et de 13 séquences (sans compter les activités portant sur des fonctions ou sur la résolution de situation-problèmes) au CE 2 [8].

En tout état de cause, cet apprentissage doit être repris et complété dans les classes suivantes.

Jeanine Rogalski dans son étude sur l'acquisition de la bidimensionnalité [4] signale que : "De la 6ème à la 4ème alors que la linéarité de la mesure des longueurs est utilisée de façon fiable, la bidimensionnalité de la mesure des surfaces garde un domaine de validité limité". Elle signale toutefois qu'une intervention de longue durée de l'enseignement pourrait produire des effets (modifier la rapidité et/ou l'ordre des acquisitions sur la bidimensionnalité, et de ce fait sur les structures multiplicatives).

b) Etudes didactiques portant sur l'apprentissage de techniques opératoires

Nous étudierons plus précisément ici les recherches effectuées, notamment par Guy Brousseau, à l'I.R.E.M. de Bordeaux [16].

L'auteur part d'une description mathématique (voir [16]) de la théorie que l'on veut enseigner, présentée comme un langage autonome, il en tire les bases de l'étude de l'enseignement des mécanismes et du calcul. Il compare les résultats scolaires obtenus avec deux méthodes de multiplication "à l'italienne" et "per Gelosia" (voir p.20) et recherche les facteurs dont dépendent ces résultats. dans le but de proposer un modèle de comportement des élèves. Il étudie ensuite les conséquences, défavorables pour l'apprentissage, du choix de la méthode "à l'italienne". La méthode "Per Gelosia" donnant de meilleurs résultats, cela sera la base des apprentissages étudiés en c).

Brousseau élabore des ordinogrammes respectivement de l'"algorithme à l'italienne" et de celui dit "Per Gelosia". (voir annexe du chapitre I - § 1), il va ensuite chercher à savoir (notamment pour le premier) s'ils constituent des modèles convenables du comportement de l'enfant qui effectue une multiplication.

L'expérience comporte trois parties :

- étude 1 : influence de l'algorithme
- étude 2 : construction d'un pré-test destiné à indiquer l'ordre de grandeur des valeurs à mesurer
- étude 3 : le test proprement dit.

L'influence de l'algorithme : - Il est proposé à des élèves de CM 2 ayant une bonne connaissance de l'algorithme à l'italienne 3 opérations dans \mathbb{Q} de 4 chiffres par 3 chiffres avec des zéros intercalés, ne sont comptés que les opérations fausses et le temps mis;

- 2 jours après, on leur enseigne de "façon classique" l'algorithme Per Gelosia en 1 seule séance (1/2 h. d'application, 3 exer-

cices et correction)

- le lendemain, on leur propose 3 nouvelles opérations du même type que les premières.

Les conclusions sont les suivantes : - l'emploi de l'algorithme a une influence sur le nombre d'erreurs, la méthode per Gelosia est la plus sûre (par la suite, l'auteur constate que les élèves préfèrent utiliser cette dernière dès que la dimension du produit dépasse 3 chiffres sur 2, et préfèrent la technique Fibonacci pour des dimensions inférieures).

- Le temps d'exécution n'est pas significativement changé car les enfants dans les deux cas recomptent plusieurs fois certaines séquences, certains produits partiels.

- Il n'y a pas de corrélation entre le temps mis et les erreurs.

Le pré-test : Il a montré : - que les pourcentages d'erreurs variaient entre 0,3 % (bons élèves de CM 2 sur des produits faciles) et 35 % (élèves faibles sur des produits difficiles).

- que les sources d'erreurs les plus évidentes sont : "la recherche en mémoire permanente du produit, variant avec le couple considéré; la recherche en mémoire permanente de la somme; la place du sous-algorithme dans l'algorithme de l'opération; la taille de l'opération".

Les résultats amènent l'auteur "à construire un plan d'expérience tel que l'on maîtrise chacune de ces variables tandis que l'on fait varier l'une d'elles". Il définit une partition de l'ensemble des "boucles" (une boucle est un produit de 2 nombres à 1 chiffre, inséré dans l'algorithme général) en 4 classes suivant le produit :

- Zone 0 : { $0 \times m$ ou $n \times 0$ }.
- Zone rouge : produits difficiles { $n \times m$ avec $n > 5$ et $m > 5$ sauf 6×6 et 7×7 }.
- Zone verte : produits moyens { $3 \times n$, $n > 5$ } \cup { $4 \times n$, $n > 6$ } \cup { 6×6 , 5×7 }.
- Zone blanche : produits faciles (les autres).

De même il définit 4 classes concernant le calcul de la somme :

- ORO pas de retenue ni avant, ni après la boucle
- IRO pas de retenue avant, mais une après la boucle
- ORI une retenue avant, mais pas après la boucle
- IRI une retenue avant et après la boucle.

Il propose enfin 5 tailles d'opérations et repère les places des boucles dans les produits partiels.

Chaque élève, de chaque niveau, effectue environ 600 boucles, il y a 150 élèves par niveau (environ 1200 élèves) (du CE 1 à la 3ème de transition).

Brouveau constate que :

- le nombre d'erreurs dépend des produits élémentaires, les moyennes de réussites par zones étant significativement différentes;

- le nombre d'erreurs dépend des sommes, surtout quand il y a une retenue;

- il ne lui est pas possible de conclure sur la taille de l'opération, ni sur l'influence de la place de la boucle dans l'algorithme général;

- il constate que la progression des résultats au cours de l'apprentissage s'arrête au CM 1, qu'il n'y a plus d'apprentissage ensuite.

Danièle Coquin-Viennot (juillet 1979) s'est intéressée à l'étude de l'insertion d'un sous-algorithme dans un algorithme à propos du même type d'algorithme, ses conclusions sont les suivantes :

- les résultats s'améliorent avec le niveau scolaire (y compris au CM 2);
- les bonnes réponses diminuent quand la difficulté de la boucle augmente;
- les boucles avec retenues sont beaucoup moins réussies; son coût relatif diminue quand la difficulté augmente, la probabilité d'erreur due à la retenue varie en fonction de la taille du produit et ceci quel que soit le niveau de difficulté et le niveau scolaire, elle est plus grande dans les produits moyens que dans les produits difficiles;
- l'insertion se réduit à l'effet de la retenue.

c) La prise en compte de ces études dans les propositions d'apprentissage de techniques opératoires au cours élémentaire.

Les recherches effectuées à Bordeaux conduisent les auteurs de l'ensemble des travaux étudiés à proposer une progression basée sur

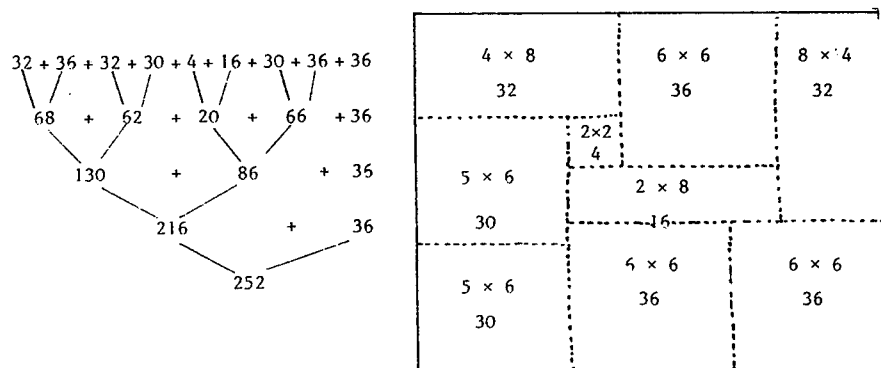
- des découpages de grilles en petits pavés dont on peut calculer le nombre d'éléments, soit directement, soit à l'aide d'un répertoire multiplicatif,

- la construction, l'enrichissement et l'organisation d'un répertoire multiplicatif non standard, l'organisation de ce dernier en table de multiplication se faisant progressivement et étant motivé par les calculs de produits.

Cette progression prend en compte, de façon très nette, le souci d'économie, manifesté par les élèves dans les calculs.

Elle s'articule de la façon suivante (avec des variantes suivant les équipes) :

- à partir de la comparaison de grilles (de faibles dimensions), début de construction d'un répertoire multiplicatif, puis organisation partielle de ce dernier à partir de la comparaison des écritures (avec retour éventuel aux collections);
- réduction d'écritures multiplicatives, dans un premier temps, "sauvage", à partir du découpage d'une grille, en grilles plus petites dont on sait calculer le cardinal (directement ou à l'aide de produits connus), puis calcul de cette écriture par addition, écriture canonique correspondante :



- utilisation du souci d'économie des élèves et d'un répertoire imposé (ainsi que d'une compétition inter-élèves) pour réduire ce découpage;
- découverte de la règle des zéros (multiplication par 10, 100, 1000 ...) et réinvestissement de cette découverte dans les découpages pré-cités;
- passage d'un découpage effectif à la représentation de ce découpage sous forme de schéma;
- étude et/ou réinvestissement de l'étude des puissances de 10 dans la réduction des écritures multiplicatives.

A cette étape, deux choix sont possibles :

- . construction de l'algorithme traditionnel de la multiplication, en passant éventuellement, par l'algorithme à l'italienne "de Fibonacci" (*)
- . construction de l'algorithme à la grecque ou "Per Gelosia" (**) puis, construction de l'algorithme traditionnel et comparaison des deux.

G. Deramécourt signale dans son film [6] l'importance de la construction d'un répertoire multiplicatif. D. Delor [1] montre de même la construction d'une technique opératoire.

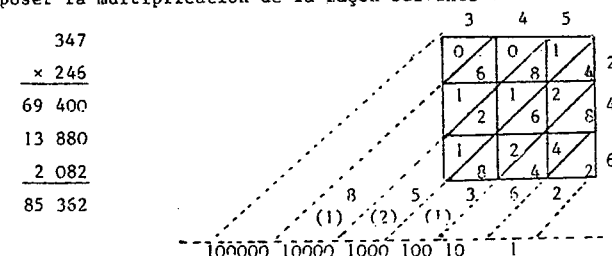
J. Lecocq [1] et G. Brousseau [11] exposent d'autres techniques opératoires et d'autres méthodes pour introduire la multiplication (en tant que technique) à savoir : règlettes de Neper, Technique russe, égyptienne...

Les progressions proposées se terminent toutes par l'apprentissage de la multiplication à la française, compte tenu du rôle social joué par cette dernière en France.

G. Deramécourt [8], souligne l'importance du calcul mental et prévoit un certain nombre d'activités tout au long de la progression, sur ce thème.

Nous voyons que le statut pris par la notation $a \times b$, le sens donné et pris par le produit de deux naturels se construit, s'affirme et se stabilise non seulement lors de l'introduction de cette écriture et du produit, mais aussi tout au long du travail effectué sur les écritures multiplicatives, sur leur manipulation et lors de la construction des techniques opératoires.

(*) L'algorithme de Fibonacci est proche de l'algorithme français, il revient à poser la multiplication de la façon suivante :



(**) L'algorithme dit "Per Gelosia" revient à poser la multiplication sous forme de grille rectangulaire (cf. ci-dessus) et "de sommer suivant les diagonales" en reportant les retenues éventuelles.

d) quelques remarques portant sur l'ingénierie didactique.

- G. Deramécourt dans son ouvrage [8] précise sa démarche pédagogique :

" Sur le plan pédagogique, ces leçons sont étayées par un ensemble d'hypothèses et de réflexions sur le processus de mathématisation (...) où il est notamment tenu compte de l'aspect dialectique de la formulation, de la validation des résultats, et par suite de la communication au sein de la classe".

<< Nous cherchons des situations auto-correctives où les mécanismes de sanction soient visibles et motivent les corrections à apporter aux propositions, aux raisonnements.

Dans cet ordre d'idée le travail en groupe a pour but d'amener les élèves du groupe à des propositions, des confrontations qui sont alors affinées et au cours desquelles éventuellement, les proposants sont amenés face aux résistances des autres à élaborer un langage, une argumentation.

Le travail en groupe n'exclut pas les phases individuelles nécessaires à une familiarisation et à une élaboration personnelle de résultats permettant d'accéder à une certaine indépendance; ces résultats pouvant être confrontés dans des activités de groupes.>>

Il souligne d'autre part le facteur "recherche de l'économie "qui joue" chez les élèves, il en est de même de J. Lecocq et de l'équipe de Paris VII. Ces derniers sont amenés, de même, à réfléchir sur le degré d'ouverture dans lequel, une situation est présentée, sur l'organisation de la classe et la gestion de l'activité, sur la notion de contrat didactique (Brousseau l'avait fait auparavant), et sur les conditions de reproductibilité de telles situations.

- Nous n'avons pas ici étudié en détail, les travaux de Jeanine Rolgaski qui doit faire l'objet d'une thèse d'Etat, sur la bidimensionnalité, ces travaux replacent l'acquisition des structures multiplicatives dans un champ plus large, celui de l'acquisition de la bidimensionnalité. Elle est amenée à étudier "trois champs de problèmes : le combinatoire des dimensions (forme et couleur notamment) le repérage avec des coordonnées cartésiennes (dans un réseau fini), les mesures spatiales de surfaces (dans le plan) "(...)" dans lesquels "une même structure intervient dans la modélisation (...) : celle du produit cartésien".

LA MULTIPLICATION
ET L'ÉVOLUTION DES PROGRAMMES
A L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE
(1882-1980)

La multiplication et l'évolution des programmes de l'école élémentaire

Sans faire ici une analyse approfondie de l'enseignement de la multiplication de 1880 à nos jours, analyse qui nécessiterait notamment une analyse de manuels de l'époque, nous nous contenterons de noter à travers l'intitulé des programmes officiels de 1882 à 1980, l'évolution de cet enseignement.

Pour cela nous étudierons les programmes arrêtés

- en 1882-1887
- le 20 juin 1925
- les 17/10/1945 et 7/12/1945
- le 2/1/1970
- les 7/7/1978 et 7/7/1980 (voir annexe portant sur le chapitre I)

1°) programmes de Calcul - Arithmétique - Géométrie et Commentaires de 1882 et 1887.

L'enseignement de la multiplication dans IN commence dès la "classe enfantine" (5 à 7 ans), elle porte sur des nombres à deux chiffres. Au Cours élémentaire (7 à 9 ans), le programme cite explicitement l'apprentissage et l'étude de la table de multiplication, de la multiplication en calcul écrit et indique qu'il faut traiter "de petits problèmes oraux ou écrits portant sur les sujets les plus usuels; (d') exercices de raisonnement sur les problèmes et sur les opérations exécutées".

Les programmes de cours moyen prévoient une révision du cours élémentaire et une "application des quatre règles aux nombres décimaux".

Aucune allusion n'est faite quant à la nécessité d'un travail particulier sur le sens des opérations sinon par l'étude de problèmes.

En 1904, dans le Manuel du Certificat d'Aptitude Pédagogique (Brossard Deferdon) - (Éditions Hachette), les auteurs proposent de recourir pendant la période d'initiation "au sens", de faire voir, de faire toucher et surtout d'intéresser. C'est ainsi qu'on se servira d'objets matériels. Ils précisent que les "enfants doivent être accoutumés à opérer vite", mais engagent les maîtres à "les accoutumer à se rendre compte de leurs opérations". Ces conseils portent toutefois sur l'explication des règles de calculs et non sur le sens d'une écriture multiplicative (...). Pourquoi dans la multiplication, on recule le deuxième produit partiel d'un rang vers la gauche; (...). Donc, de la théorie : seulement de la théorie à la portée des enfants".

Ils soulignent la nécessité de faire beaucoup d'applications à partir de problèmes usuels.

2°) Programmes et instructions officielles du 20 juin 1925.

Ces programmes prévoient un temps plus long pour l'apprentissage de la multiplication :

- . Section préparatoire (6 à 7 ans) : "Multiplier par 2, par 3, par 4"
- . Cours élémentaire (7 à 9 ans) : "Calcul oral : table de multiplication. Les quatre règles appliquées à des nombres inférieurs à cent. Calcul écrit : les quatre règles appliquées à des nombres peu élevés"
- . Cours moyen (9 à 11 ans) : "Calcul et arithmétique : application des quatre règles à des nombres plus élevés qu'au cours élémentaire. Pratique des quatre opérations sur les fractions ordinaires dans des cas numériques très simples".

Les Instructions officielles accompagnant le programme mettent l'accent sur l'importance des manipulations : "Partout l'opération manuelle précède l'opération arithmétique; l'expression du langage courant précède l'expression du langage mathématique. Partout, le souci de marquer que l'enseignement doit être concret, simple, progressif".

De même, elles privilégient la pratique du calcul, à une théorisation de celui-ci, ne servant "qu'à la rendre plus agréable à l'enfant" et à justifier cette pratique.

La nécessité de dépasser ce stade se perçoit dans un rapport rédigé par deux inspecteurs généraux en 1928, Messieurs Marlion et Leconte, sur le calcul à l'école primaire, faisant suite à une enquête effectuée auprès des maîtres. Dans celui-ci, ils témoignent longuement de la nécessité (partagée par certains maîtres) de traiter de la décomposition additive d'un nombre naturel (dès le CP)

- d'aller lentement dans la construction d'un algorithme opératoire,
- de privilégier l'intelligence par rapport à la mémoire.

Notons que si les maîtres de l'époque approuvent dans leur réponse au questionnaire cette conception pour l'addition, ils y sont beaucoup plus réticents et parfois même farouchement opposés en ce qui concerne la multiplication et la division. Cela amène les auteurs à proposer une manipulation d'écritures multiplicatives pour justifier les propriétés de cette opération. Celles-ci étant définies comme écritures plus courtes d'une écriture additive réitérée*

* "La multiplication n'est qu'un cas particulier de l'addition (...). Une pareille addition (58+58+58), dont tous les termes sont égaux, s'appelle une multiplication, le résultat est appelé produit de 58 par 3".

Ils proposent de même la possibilité de construire (et/ou justifier) l'algorithme de la division à partir de la méthode dite des "soustractions successives", et terminent leur rapport par la remarque : "il est plus logique d'insister sur de tels sujets, dont l'importance est primordiale, que de se hâter pour arriver plus vite aux problèmes de robinets ou sur les partages par fausses suppositions". (Pages choisies de Pédagogie contemporaine. L. Savard - Editions Delagrave).

3°) Programmes et instructions officielles du 17/10/1945 et du 7/12/1945.

- . Cours préparatoire : "exercices et problèmes concrets (...) de multiplication et de division par 2 et 5"
- . Cours élémentaire : "Table de multiplication. Usage et pratique de la multiplication et de la division dans des problèmes simples empruntés à la vie courante. Calcul rapide de la multiplication et de la division par 2 et 5".
- . Cours moyen : "usage et pratique des quatre opérations sur les nombres décimaux". (révision également du programme du CE).

Nous voyons que ce programme "accélère" légèrement l'apprentissage de la multiplication des entiers naturels.

La lecture des instructions officielles montre que l'accent est mis sur

- "rendre à l'enseignement primaire sa simplicité et son efficacité anciennes en ce qui concerne l'acquisition des mécanismes fondamentaux"
- "le fonder davantage sur les faits, sur l'observation personnelle, afin de donner à la jeunesse française "le grand bain de réalisme" dont elle a besoin".
- l'objectif principal est de calculer vite et bien.

Notons que les I.O - soulignent qu'il est inutile de justifier les propriétés des opérations.

- associent le terme multiplier au terme "fois" explicitement.
- appuient sur la notion de nombre concret (lié à une mesure).
- proposent l'apprentissage des tables de multiplication comme

un objectif "en soi" du CE.

- proposent une gradation dans l'apprentissage de l'algorithme de la multiplication (appelé mécanisme) à savoir = table, multiplication par un chiffre, par 10, 100, multiplication par un nombre de deux chiffres en la décomposant dans un premier temps en deux multiplications (unités, dizaines).

Un paragraphe est consacré à la définition des signes, on peut y lire :

- que "le signe \times indique qu'il faut multiplier les nombres qu'il sépare" (la commutativité des termes devant se constater !)
- que "le signe $=$ ne sépare pas deux nombres égaux, ce qui ne servirait à rien; on n'écrit pas $3 = 3$. Il sépare l'indication d'une opération et son résultat ou encore l'indication de deux opérations qui ont le même résultat".

Nous voyons que nous sommes très loin ici de la notion d'écritures multiplicatives comme désignation d'un nombre. Si les I.O proposent d'utiliser des damiers comme représentation possible d'un produit, la définition du signe $=$ donnée ci-dessus interdit de penser que l'écriture $a \times b$ puisse désigner un nombre.

Cette question mettra beaucoup de temps à être tranchée, comme en témoigne le rapport du séminaire de Royaumont (décembre 1959) s'intéressant à une réforme de l'enseignement. En effet un point de désaccord étant

- "l'emploi de symboles tels que : $8 + 1$, $7 + 2$, etc..., comme nouvelles définitions du nombre 9, plutôt que comme opérations" (le problème est ici similaire bien que portant sur des écritures additives).

4°) Programmes et instructions officielles du 2/1/1970.

Le programme de 1970 s'inscrit en rupture complète par rapport au programme de 1945 et notamment sur les derniers points soulevés. La multiplication n'est introduite qu'au cours élémentaire.

- . Cours élémentaire 1ère et 2ème année : "Produit de deux nombres, pratique de la multiplication"
- . Cours moyen : "Multiplication par 10, 100, 1000 (et division)
"Opérations et leurs propriétés" (dans \mathbb{N} et \mathbb{N}^+) suite d'opérations; pratique des opérations; preuve par 9 des opérations; calcul mental".
"Produit de deux fractions".

Le but de ces programmes n'est plus de préparer à la vie pratique mais "d'assurer une approche correcte et une compréhension réelles des notions mathématiques liées à des techniques de résolution de problèmes. Les instructions officielles font référence à des "situations" d'apprentissage, à la connaissance du développement psychologique de l'enfant, et à des manipulations variées dont l'enfant doit abstraire le concept.

Les mêmes instructions dans le paragraphe (CE) "comparer deux nombres" rétablit le statut du signe " = " : "d'une façon générale lorsqu'on écrit $a = b$, c'est que les symboles a et b désignent le même objet. En particulier un nombre peut s'exprimer de différentes façons, ex : 6 , 2×3 ; $4 + 2$; $8 - 2$; $24 : 4$ sont des désignations du même nombre, cela donne le droit d'écrire : $6 = 6$; $6 = 2 \times 3$; $2 \times 3 = 4 + 2$ etc...".

La multiplication est étudiée dans le sous paragraphe : Opérations, Propriétés Pratique - Multiplication - division exacte du cours élémentaire (I.O).
On y propose d'introduire l'écriture multiplicative 5×8 à partir d'une grille rectangulaire et des écritures additives répétées $8 + 8 + 8 + 8 + 8$ ou $5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5$ que l'on écrira par convention 5×8 ou 8×5 .
On y définit la multiplication comme application de $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ dans \mathbb{N} .
On y propose de construire les tables de multiplication à partir de table de Pythagore et de manipuler des écritures multiplicatives pour expliciter les propriétés de la multiplication (associativité, distributivité, commutativité...).
Enfin les auteurs proposent de construire des techniques usuelles opératoires à partir de découvertes et synthèses effectuées par les élèves.

5°) Programmes et instructions officielles du 7/7/1978.

a) Programmes

CE : "1 - Ecrire et nommer les nombres : (...)

" Maîtriser l'utilisation et le sens de l'égalité en travaillant sur des écritures différentes désignant le même nombre"

" 2 - Comparer les nombres : "Savoir comparer des nombres écrits sous les différentes formes obtenues en I".

" 3 - Calculer sur les nombres : "Pour construire les techniques opératoires, savoir transformer les écritures additives, multiplicatives et soustractives en utilisant les propriétés des opérations, savoir utiliser les parenthèses.

Elaborer des techniques opératoires (mentales ou écrites) pour (... la multiplication".

CM : Le programme prévoit un approfondissement de ces notions, de plus il étend cette étude et les opérations aux décimaux positifs.

b) Instructions officielles (cours élémentaire)

Ces programmes renforcent (par rapport au précédents) l'étude des écritures d'un nombre, notamment l'étude des écritures multiplicatives. Celles-ci permettant de désigner un nombre dont on ne connaît pas forcément l'écriture réduite. Ils proposent d'introduire les écritures multiplicatives à partir de représentations de collections organisées en grilles rectangulaires, dans le but de donner un sens à ce type d'écritures, de préparer la construction d'algorithmes opératoires, de "renforcer l'utilisation du signe égal", d'élaborer des répertoires (notamment multiplicatif) d'égalités qui seront par la suite et progressivement organisées en table de Pythagore.

Dans le chapitre consacré aux techniques opératoires, les auteurs exposent que "la justification (des techniques opératoires) nécessite un travail de transformations d'écriture conscient à partir de l'utilisation plus ou moins explicite des propriétés de ces opérations lors de ces transformations.

Ces transformations pouvant avoir pour point de départ le dénombrement de cases de grilles rectangulaires (voir annexe I). Les instructions proposent de construire et/ou de comparer plusieurs techniques opératoires (éventuellement) afin d'arriver à la "maîtrise des techniques opératoires (...) en base dix" (pour le CE).

L'accent est mis sur la nécessité d'une construction progressive de techniques de calcul et sur la diversité de ces techniques.

6°) Conclusions

Nous voyons que l'on peut distinguer deux grandes périodes, pré et post 1970. Avant 1970 ("réforme des mathématiques modernes"), l'accent est mis sur l'apprentissage basé essentiellement sur la mémoire d'une technique opératoire, on ne s'intéresse pas (ou peu) à la justification, à la construction de cette technique, de plus les différentes désignations d'un même nombre (écritures additives, multiplicatives...) ne sont pas un objet d'enseignement, elles sont même considérées comme dangereuses dans les programmes de 1945.

Après 1970, ces programmes ont pour souci de donner les moyens, par un travail sur des représentations graphiques et sur les écritures multiplicatives, aux enfants de construire et de maîtriser une ou plusieurs techniques opératoires de la multiplication; de même ils mettent l'accent sur l'étude des propriétés de cette opération. Le programme de 1978 semble privilégier un type d'introduction, celui utilisant les découpages de grilles rectangulaires et le dénombrement de leurs éléments, semble privilégier une définition graphique de l'écriture $a \times b$ par rapport à la définition utilisant l'addition répétée (aucune référence n'est faite à ce type d'écriture dans les I.O de 1978). Un lien étroit

est fait avec la numération.

Cette évolution est due d'une part à la réflexion générale qui a eu lieu lors de la réforme des "mathématiques modernes" et d'autre part à l'apport des recherches en didactique (notamment les travaux de l'I.R.E.M. de Bordeaux).

Terminons par les résultats d'une enquête effectuée par le Ministère de l'Education Nationale en 1980 (annexe 1).

Cette enquête montre que les instituteurs accordent beaucoup d'intérêt à la notion des nombres, toutefois s'ils jugent essentielle l'acquisition des mécanismes opératoires au CM 2, ils ont une opinion plus partagée sur l'utilité d'une réflexion sur les propriétés de ces opérations et sur la maîtrise réfléchie de ces mécanismes.

Cette même enquête montre que les professeurs de 6ème ne jugent pas indispensable la reconnaissance des écritures additives ou multiplicatives d'un nombre et les savoirs sur les propriétés d'association, mais que toutefois ils attendent que les élèves aient à l'entrée en sixième la notion de nombre. De même, cette étude semble montrer que ces professeurs se réservent pour eux-mêmes l'objectif d'apprendre à l'enfant à raisonner (même sur les opérations).

Les élèves de CM 2 ne réussissent que dans une proportion de 1/2 les épreuves relatives aux écritures multiplicatives (voir annexe 1) et dans une proportion de 60 %, les item relatifs au raisonnement sur les mécanismes de la multiplication (opération "à trous").

Les élèves de 6ème ont des résultats identiques sur les écritures multiplicatives et les autres item relatifs aux mécanismes opératoires.

Notons enfin que si les résultats sont satisfaisants (75 % de réussite) sur les entiers, ils chutent lorsque l'on passe aux décimaux (50 %, voire 30 %). La notion de nombre décimal ne semble pas acquise (c'est normal !) au CM 2, de même en 6ème.

ANALYSE DE 10
MANUELS SCOLAIRES DE
COURS ÉLÉMENTAIRE - 1ÈRE
ANNÉE

L'analyse porte sur l'introduction de la multiplication au CE 1. Nous sommes conscients que cette analyse est incomplète, en effet il serait nécessaire pour bien cerner les problèmes liés à l'acquisition des structures multiplicatives, d'analyser l'enseignement de la multiplication sur l'ensemble du cycle primaire, toutefois le thème même de la recherche (introduction des écritures multiplicatives) nous a conduit à limiter, aux manuels du cours élémentaire 1ère année cette étude.

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux questions suivantes :

- sur quelle(s) définition(s), explicitement citée(s) ou implicite(s) de la multiplication dans \mathbb{N} et du produit de deux entiers naturels, s'appuient les auteurs des manuels scolaires pour proposer leur progression;
- comment est justifié ce choix;
- quelles sont les représentations graphiques utilisées pour représenter le produit de deux entiers naturels;
- quel est le schéma de la progression;
- quelle est la place tenue par l'étude des écritures multiplicatives, par la constitution d'un répertoire multiplicatif;
- comment se construisent les algorithmes opératoires.

Nous avons analysé dix manuels scolaires ainsi que les livres du maître accompagnant ces ouvrages, à savoir :

- E.R.M.E.L. (CE), apprentissages mathématiques à l'école élémentaire, - INRP (collection SERMAP - O.C.D.L.).
- Math et calcul (CE 1) de R. Eiller, R. Brini, M. Martineu, S. Ravenel et R. Ravenel (édition de 1979) (Hachette).
- Bati-Math au CE 1 de M. Daubet, P. Davinroy et C. Biehler - 1981 - (Editions MAGNARD).
- L'éveil mathématique au CE 1 de J. Manesse et M. Lehouchu - 1978 (HACHETTE).
- Math en fête (CE 1) - Collection Barataud - Brunelle - de Lucien Brunelle, Catherine Comas et Max Durand - 1984 - (ARMAND COLIN - BOURRELIER).

- Math CE 1 de H. et J. Denise et R. Polle - 1982 (DELAGRAVE)
- Uni Math (CE 1) de B. Goergler, P. Cormanry, A. Viala - 1979 - L'ECOLE
- Activités mathématiques au cycle élémentaire de P. Meffe - R. Lédé et B. Constans - édition 1979 (FERNAND NATHAN).
- Activités mathématiques au cycle élémentaire 1ère année, P. Meffe, R. Lédé et B. Constans - édition 1980 - (FERNAND NATHAN).
- Découvrir et calculer - math CE 1 de S. Thévenet, A. Garioud et N. Pitot - 1983 (BORDAS).

Tous les manuels étudiés sont parus après la parution des programmes de 1978, ils tiennent donc compte explicitement de cette réforme du programme du cours élémentaire, notons que seuls deux ouvrages font référence explicitement à des travaux effectués en didactique des mathématiques ou dans le cadre d'I.R.E.M. ou de l'I.N.R.P. (ERMEL et Math. en fête). L'étude de la multiplication occupe environ 15 % de l'activité mathématique dans la classe.

1) définition de la multiplication dans \mathbb{N} , définition du produit de deux naturels, choix pédagogique sur lequel s'appuie l'étude de la multiplication.

a) le caractère implicite du produit cartésien

Le produit cartésien a un statut ambigu dans l'introduction de la multiplication, tous les auteurs semblent considérer que la définition du produit de deux entiers naturels renvoie à l'objet mathématique : produit cartésien, toutefois deux ouvrages seulement donnent une définition explicite du produit de deux naturels faisant intervenir le produit cartésien (définition destinée aux maîtres Math et Calcul et découvrir et calculer).

De plus, si six manuels intercalent des activités mathématiques sur le produit cartésien, lors de l'introduction du produit de deux naturels, la quantité de ces exercices est très faible. En général, aucun lien n'est prévu avec des activités de repérage, traités séparément (sauf pour Math en fête et Découvrir et calculer). La notion de produit cartésien semble être supposée acquise par les élèves. Nous renvoyons, pour une analyse plus complète du statut du produit cartésien à la thèse d'état de J. Rogalski sur la bidimensionalité (en préparation)

b) définition de la multiplication

Quatre ouvrages seulement définissent la multiplication, explicitement (pour les maîtres), comme un loi de composition interne dans \mathbb{N} , un seul ouvrage en donne une définition explicite pour les élèves (Uni-Math). Toutefois six ouvrages prévoient des exercices (très peu) portant sur cette définition (à deux entiers naturels a et b , on associe $a \times b$). C'est là, sans doute, le résultat d'une réaction contre les programmes de 1970.

Notons que tous les ouvrages définissent le produit de deux naturels comme un nombre. L'écriture $a \times b$ désigne un nombre et ne fait pas automatiquement référence à l'écriture canonique de ce dernier (obtenu comme résultat d'une multiplication).

c) usage explicite du terme "écritures multiplicatives".

Six ouvrages sur dix emploient explicitement le terme "écritures multiplicatives" en direction des maîtres et/ou des élèves. Cela traduit là encore une certaine réticence à considérer l'écriture $a \times b$, comme une écriture désignant un nombre, et cela même si les auteurs affirment explicitement le statut de nombre du produit. Notons que ce terme est en général très peu employé par ces six manuels (exception faite pour ERMEL, math et calcul et Bati-Math). Notons que découvrir et calculer n'emploie pas ce terme.

d) multiplication et addition répétée; multiplication et mesure-produit.

. quatre ouvrages (Activités mathématiques - 1979, Uni-Math, Math CE 1 et Eveil mathématique au CE 1) introduisent la multiplication à partir de l'addition répétée en s'appuyant essentiellement sur des représentations utilisant "des paquets équipotents", la représentation sous forme de grilles (le plus souvent discrètes et de faibles dimensions) n'intervenant que pour l'étude des propriétés de la multiplication (commutativité, distributivité, associativité)

. L'édition de 1980 du manuel Activités mathématiques au CE 1 semble tenir compte des instructions officielles de 1978 et introduit le produit $a \times b$ à l'aide de quelques représentations en grilles (discrètes), toutefois cela ne semble pas être autre chose qu'une concession aux nouveaux programmes, le "sens" de la multiplication est essentiellement additif.

. Le manuel "Math en fête" s'appuie lui aussi essentiellement sur l'addition répétée mais utilise les représentations en grilles (discrètes ou non) pour renforcer le sens du produit et lui donner un nouveau statut.

. Les manuels math et calcul, Découvrir et calculer introduisent conjointement l'écriture $a \times b$ à l'aide d'une représentation en grille et à l'aide de l'addition répétée.

. Les manuels ERMEL et Bati-math introduisent l'écriture $a \times b$ à partir de représentations en grille et s'appuient essentiellement sur la nature "mesure-produit" de la multiplication. Notons que seul ce dernier ouvrage emploie le terme (explicitement) de dénombrement multiplicatif (dans une plus faible mesure ERMEL et math en fête y font allusion).

Nous voyons que si les recommandations faites dans les Instructions Officielles ont un effet certain quand à l'introduction de l'écriture $a \times b$, à l'aide de grilles, la tendance à s'appuyer essentiellement sur l'addition reste très forte (voir majoritaire) pour introduire la multiplication. Nous renvoyons le lecteur au premier paragraphe de ce chapitre, pour l'étude particulière des conséquences d'une telle tendance dans l'enseignement (notamment aux travaux de J. Rogalski).

Signalons enfin que l'étude du lien entre type de dénombrements, mis en oeuvre par les élèves pour compter le nombre d'objets d'une collection disposée en rectangle, d'une part et définition du produit d'autre part n'est presque jamais fait (la plupart des manuels considère comme allant de soi, qu'un élève utilisera un dénombrement de type additif ou multiplicatif (voir chapitre II)).

e) les différentes représentations graphiques du produit de deux naturels

Nous avons vu ci-dessus la part prise par des représentations en forme de grilles (discrètes ou non) pour introduire l'écriture $a \times b$, signalons toutefois la part encore importante prise par la représentation sous forme de paquets équipotents (quatre manuels sur dix) pour introduire cette écriture.

De plus il est notable de remarquer que peu d'ouvrages font le lien entre ces deux représentations (même quand elles y figurent toutes les deux). Peu de manuels prévoient des activités de réorganisation en grilles d'un nuage de points (ERMEL essentiellement et ceci très rapidement !). Les activités où figurent les deux représentations ont pour but de distinguer les écritures additives (où on ne peut utiliser qu'une représentation en paquets) des écritures multiplicatives.

f) les auteurs n'explicitent pas leur choix

Cinq auteurs seulement indiquent (dans le livre du maître) les raisons qui les ont conduit à adopter un type de présentation de la multiplication plutôt qu'un autre.

Ces raisons portent :

- sur la nécessité de s'appuyer sur la définition du produit cartésien pour définir le produit de deux naturels (5)
- sur les instructions officielles (1)
- sur le fait que n et p ne jouent pas le même rôle quand on introduit $n \times p$ par l'addition répétée (quatre auteurs)
- sur la nécessité de présenter un produit commutatif (4)
- sur des problèmes d'ordre psychologique (deux auteurs).

2) étude des progressions proposées

g) schéma des progressions proposées, sur la multiplication

Nous remarquons que deux manuels utilisent le schéma linéaire (introduction du signe " \times ", technique opératoire et table de multiplication, application à des situations multiplicatives).

Trois manuels utilisent un schéma proche de ce dernier à savoir : introduction du signe " \times ", calculs de produits et construction d'un répertoire multiplicatif plus ou moins standard, technique(s) opératoire(s).

Un seul manuel fait un lien entre multiplication et division (Uni-math)

Tous les ouvrages indiquent la nécessité de faire un lien entre numération et multiplication mais seuls trois manuels prévoient des insertions de leçons sur la numération dans leur progression, six manuels traitent et/ou envisagent ce problème au moment de la construction d'un algorithme ou de calculs de produits.

Cinq ouvrages prévoient d'insérer des activités portant sur des fonctions

$\begin{pmatrix} N \rightarrow N \\ x \rightarrow ax \end{pmatrix}$ dans leur progression..

h) existence de situations se rapprochant des situations n°1 et 2 des chapitres deux et trois de l'étude

Quatre manuels présentent un équivalent de la situation n°1 et 2 de la situation n°2.

i) répertoire multiplicatif

Quatre manuels prévoient la construction d'un répertoire multiplicatif non standard. Sept manuels prévoient la construction d'un répertoire standard, ce dernier "répertoire standard" prend dans chaque cas la forme d'une table de Pythagore, dans un cas la forme traditionnelle des tables de multiplication et dans un cas une forme proche de cette dernière mais faisant intervenir un opérateur fonctionnel. Sur sept ouvrages, six en proposent explicitement la mémorisation.

j) techniques opératoires

. Tous les ouvrages prévoient des activités de comparaison d'écritures multiplicatives mais le but de ces activités est parfois différent :

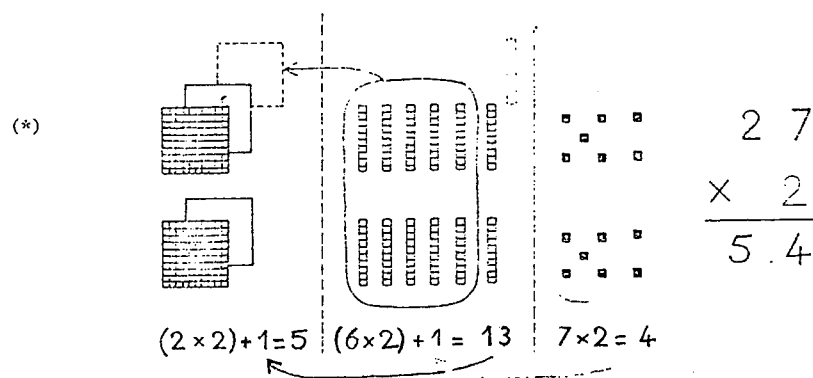
- 5 manuels travaillent (de façon explicite ou non) sur l'égalité d'écritures multiplicatives (plus ou moins complexes) sans référence systématique à des représentations,
- 10 manuels travaillent sur les propriétés de la multiplication (notamment la commutativité),
- 6 manuels utilisent ces activités pour calculer certains produits (non immédiats).
- 3 manuels prévoient des activités (explicitement) de réduction d'écritures multiplicatives et deux de développement de telles écritures.

. 6 manuels sur 10 proposent de calculer des produits dont les facteurs sont supérieurs à 10, (sans utilisation de techniques opératoires affinées) mais seulement 3 s'y attardent suffisamment (la représentation graphique majoritaire est alors une représentation par grille (6 manuels), grilles puis schéma de grilles découpées (5 manuels).

. 2 ouvrages ne proposent pas de construction d'algorithme de la multiplication au CE 1 (ERMEL - Bati-Math).

. Pour les autres : 5 manuels se limitent à des multiplications en faisant intervenir que des multiplicateurs à un chiffre.

. Sur les 8 manuels proposant l'apprentissage d'un ou de plusieurs techniques affinées de la multiplication: 6 manuels utilisent des représentations liées à un matériel multi-bases^(*), 6 utilisent également (ou exclusivement) des représentations sous forme de grille-quadrillages.



3) Conclusions portant sur l'analyse de manuels scolaires

L'analyse faite ci-dessus nous permet de tirer un certain nombre de conclusions relatives à l'enseignement de la multiplication au CE 1. Sans réduire le travail des maîtres, à l'énoncé des manuels; nous pouvons considérer que ceux-ci reflètent globalement leur activité.

Nous constatons donc qu'il n'y a pas d'étude approfondie du produit cartésien et que la plupart des manuels suppose cette notion sinon acquise, du moins allant de soi.

Nous constatons une certaine réticence à considérer une écriture multiplicative comme désignation d'un nombre.

De même la multiplication est le plus souvent introduite comme une autre addition (addition répétée) et cela malgré l'utilisation de représentation en grilles de l'écriture $a \times b$. De plus la liaison entre les techniques de dénombrement d'une collection organisée en rectangle (ou grille) et la définition du produit $a \times b$ est très souvent (sinon systématiquement) occultée.

Les progressions proposées ne suivent pas majoritairement le schéma : introduction de l'écriture $a \times b$ - apprentissage d'une technique opératoire, application à des problèmes multiplicatifs. Elles ne font pas beaucoup intervenir les problèmes liés aux fonctions linéaires et ne lient jamais multiplication et division.

Enfin la grande majorité des manuels proposent une construction d'algorithmes (algorithme le plus souvent unique) de la multiplication dès le CE 1, paradoxalement cet algorithme n'est utilisé que pour des calculs faisant intervenir des multiplicateurs à 1 seul chiffre. De plus si ces algorithmes sont construits, conformément aux I.O. à l'aide de découpages de grilles, on retrouve l'utilisation systématique (du moins dans 6 manuels sur 8) de représentations s'inspirant d'un matériel multi-bases (voir page 37); pour les multiplications à 1 chiffre. L'utilisation serait beaucoup complexe pour schématiser une multiplication faisant intervenir deux facteurs supérieurs à dix

CHAPITRE DEUX : LA SITUATION N°1

I CADRE DE LA RECHERCHE

A - Réflexions sur l'introduction de la notion d'écritures multiplicatives au cours élémentaire

Nous avons décidé de rechercher les apports spécifiques que peut apporter l'outil ordinateur, sur un thème relativement pointu : la multiplication au cours élémentaire (plus précisément : la production et la maîtrise d'écritures multiplicatives). Ce choix s'explique par le fait que de nombreuses études ont été faites en didactique sur le sujet de la multiplication (cf. chapitre un), cela facilite notre tâche car une partie des variables didactiques est connue.

1°) Présentation de la progression par le E.R.M.E.L.

De plus une étude faite par l'équipe "élémentaire" de l'INRP a eu pour résultat, la publication d'une progression à destination des maîtres de l'école élémentaire sur la multiplication (entre autres thèmes).

référence : chez Hatier : "apprentissages mathématiques à l'école élémentaire T2" (ouvrage plus connu sous le nom de E.R.M.E.L.).

Les situations traitées, ici, se réfèrent aux expériences faites par l'équipe du E.R.M.E.L. sur l'introduction des écritures multiplicatives (progression citée ci-dessus et compte-rendu d'une séquence faite dans une classe de CE1, publiée dans le même ouvrage).

Objectif d'une telle progression

Les objectifs sont cités en tête de chapitre consacré à la multiplication (p.118)

BUT

Le but de ce chapitre est de :

- donner aux enfants un nouvel outil de désignation de nombres.
- travailler sur le classement et le rangement de ces nouvelles écritures des nombres, à partir de l'égalité et de l'ordre.
- faire utiliser implicitement aux élèves les propriétés de la multiplication et les propriétés de la numération qui rendent plus facile le calcul des produits.
- obtenir une meilleure maîtrise de la numération de position.

Signalons de plus que cela permet aux élèves de se familiariser avec un matériel (quadrillages) qui sera un support essentiel à la construction de plusieurs (ou d'un) algorithmes de la multiplication (Fibonacci, Per Gelosia).

Les élèves sont censés avoir travaillé auparavant les notions suivantes : produit cartésien, lois de composition interne non numériques, écritures additives, algorithme de l'addition.

Bref aperçu de la progression

Dans un premier temps sont introduites les écritures multiplicatives (comme nombre de points de collections disposées en rectangle). Puis viennent des activités dont le but est d'associer ce type d'écritures à des cardinaux de collections disposées spatialement de manière différente. On compare ensuite différentes écritures multiplicatives, on les classe pour constituer un répertoire multiplicatif. Puis on commence à construire des algorithmes de la multiplication, par découpage de quadrillage.

2°) remarques sur la séquence d'introduction des écritures multiplicatives proposée par le E.R.M.E.L.

Le compte-rendu de cette séquence se trouve dans l'ouvrage déjà cité aux pages 284 à 290.

Les objectifs de la séquence sont présentés au début du compte-rendu ainsi qu'un exposé de la situation :

a) Introduction de l'écriture $a \times b$ au CE1

1. Objectifs de cette séquence

Il s'agit ici d'introduire « $a \times b$ » comme écriture d'un nombre, et aussi comme moyen rapide de donner le nombre d'objets d'une collection quand ceux-ci sont favorablement répartis dans ce plan.

Quels sont les moyens déjà à la disposition des enfants ?

- Pour dénombrer, ils savent utiliser depuis le Cycle Préparatoire le marquage qui permet de séparer ce qui est déjà dénombré de ce qui ne l'est pas encore; associé à ce marquage, le repérage des éléments marqués par rapport à la comptine permet d'attribuer un cardinal à chaque sous-collection produite tout au long du marquage et de désigner chacune de ces sous-collections par un nombre : 1, 2, 3, 4, 5, 6,
- Une deuxième étape leur a permis d'opérer des « partitions » sur les collections trop importantes, en particulier lorsque le repérage risque par sa longueur d'induire des erreurs; la désignation de ces partitions

par des écritures additives rend possible la désignation des « grands cardinaux » dont on ne connaît par l'écriture habituelle; les enfants ont découvert aussi l'intérêt de partitions plus particulières dont les parties ont même cardinal et qui permettent des écritures du type :

$$5 + 5 + 5 + 5 + 3 \dots$$

Ces écritures ont été accompagnées d'expressions du type « quatre paquets de cinq plus trois éléments ». La répartition des objets d'une collection en sous-ensembles équipotents a par ailleurs été conduite à travers des activités de numération (Etude de « bases »). Ainsi l'écriture $a \times b$ est susceptible d'être associée par l'élève à des situations familières. La nouvelle séquence sera donc l'occasion de retrouver ces acquis antérieurs liés à l'addition répétée et à la numération.

2. La situation proposée

Elle est extrêmement simple puisqu'elle consiste à présenter la collection à dénombrer sous une forme déjà pré-organisée dans laquelle la partition en parties équipotentes soit facile à percevoir et à désigner. Nous avons choisi à cet effet une présentation de la collection en lignes et colonnes :

```

0 0 0 0
0 0 0 0
0 0 0 0
0 0 0 0
0 0 0 0

```

D'autre part, dans la séquence pédagogique, pour induire un travail sur l'écriture, nous avons proposé une situation dans laquelle l'information concernant le cardinal de la collection doit circuler; un groupe d'enfants la produit, l'autre groupe l'utilise pour effectuer un travail dont le résultat pourra être vérifié par le premier.

Il s'agit, en effet, pour les uns de désigner le cardinal d'une collection et pour les autres de retrouver parmi plusieurs collections différentes, celle dont le cardinal est désigné par cette écriture. Ces derniers, devront, en outre, reconstituer une collection de jetons équipotente afin que l'écriture $a \times b$ ne soit pas rattachée à la seule disposition spatiale

b) Notons que, bien que le but soit de désigner un nombre d'objets, la vérification de la justesse des productions des élèves (sauf pour la reconstitution d'une collection équipotente) porte sur la disposition spatiale de la collection. Un certain nombre de messages peuvent ne comporter que des informations sur cette disposition et ne pas traduire le nombre d'éléments de la grille (type : 7 lignes, 3 colonnes).

D'autre part le E.R.M.E.L. donne une définition essentiellement géométrique de l'écriture multiplicative. Or, les enfants dans la séquence, pour résoudre le problème mobilisent des connaissances, élaborent des procédures de dénombrement liées essentiellement à l'addition ($12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12$; $42 + 42$; 7 paquets de 12). De ce fait l'addition répétée donne un sens à la définition "spatiale", et sert souvent de preuve.

c) Cette nécessité de s'appuyer sur l'addition pour construire la multiplication a conduit, dans le passé (et toujours maintenant), à des définitions des écritures multiplicatives, rendant la multiplication non commutative

$$3 \times 4 = 3 + 3 + 3 + 3 \quad (\text{se lisant 4 fois 3})$$

Par contre, une définition uniquement spatiale n'est pas possible, non plus.

3°) Jeu de cadres mis en œuvre lors de l'introduction de cette notion

Cela nous amène à poser le problème en terme de jeu de cadres. La notion d'écritures multiplicatives ne se construit, ne prend de sens pour l'élève que dans un va-et-vient constant entre deux cadres :

- un cadre numérique $a \times b$ désigne une écriture plus courte d'une des deux écritures additives suivantes

$$a + a + a + \dots + a \quad (\text{répété } b \text{ fois})$$

$$b + b + b + \dots + b \quad (\text{répété } a \text{ fois}).$$

- un cadre graphique $a \times b$ permet de désigner le cardinal d'une collection organisée (ou pouvant l'être) en grille rectangulaire de a lignes, b colonnes (ou b lignes, a colonnes), toutes les lignes (respectivement, toutes les colonnes) ayant le même nombre d'éléments.

Notons que ce jeu de cadre est imposé - par les enfants qui mettent en jeu des procédures de dénombrement qui le rend indispensable.

- par la nécessité de construire une multiplication commutative.

B - Propriétés spécifiques de l'outil-ordinateur intervenant lors de l'apprentissage de notions mathématiques.

1°) propriétés intervenant lors de l'apprentissage de l'élève.

- l'ordinateur permet de fournir un support graphique fiable, précis, à l'élève mis en situation, sur lequel il peut, éventuellement, agir aisément, et de façon réfléchie.

- nous admettons, que confronté à un problème, l'élève manifeste la volonté de gagner (dans un jeu avec/contre l'ordinateur), ou du moins de lui faire exécuter un certain nombre d'actions. Ceci nécessite toutefois que la situation impose à l'élève de se confronter à l'ordinateur.

- l'ordinateur peut permettre à l'expérimentateur, de contrôler le temps mis par l'élève pour résoudre un problème, nous regarderons dans la situation n°1 l'influence du facteur temps sur la mise en place de procédures de dénombrement d'éléments d'une grille et sur la capacité de l'élève à mobiliser certaines connaissances qui sont disponibles. Nous reviendrons plus en détail, lors de l'exposé de la situation 1, sur ce point.

- l'ordinateur peut imposer à l'élève de maîtriser un ensemble plus ou moins complexe d'instructions à donner à la machine. Cela, pensons-nous, lui impose d'anticiper sur l'action. Ce point sera de même plus explicité lors de la situation n°1.

- enfin cet outil permet dans un temps limité, de produire un nombre important d'exemplaires "isomorphes" d'un même problème.

2°) apports de l'outil-ordinateur pour les recherches en didactique.

Dans la construction de nos situations, nous avons volontairement proposé à l'élève différentes possibilités pour explorer une grille, contrôler son affichage et dénombrer ses éléments. (voir situation 1 et situation 2).

L'ordinateur peut permettre de mieux cerner les cheminements suivis par l'élève, permettre de mieux distinguer les données qu'il juge pertinentes pour résoudre un problème.

La construction même du logiciel, permet de réduire le nombre de procédures possibles, tout en laissant un champ suffisamment large.

Enfin la prise sur fichier des réponses et de certaines actions commandées à la machine permettra, dans une large mesure, de retracer plus facilement les cheminements suivis.

II PRÉSENTATION DE LA SITUATION
NUMÉRO I

A - Présentation du cycle expérimental.

1° Analyse de la tâche globale de l'élève - apports de l'ordinateur à la situation d'introduction des écritures multiplicatives.

Nous avons donc décidé d'adapter la situation d'introduction des écritures multiplicatives proposée par le E.R.M.E.L. et exposé au chapitre deux, en tenant compte des réserves faites, et en essayant de remédier à ces défauts grâce à l'outil-ordinateur.

Pour résoudre le problème posé (à savoir : fournir une écriture rendant compte de la disposition spatiale de la collection et du cardinal de celle-ci), l'élève doit conjointement :

- explorer la grille qui lui est fournie,
- dénombrer ces éléments et pour cela mobiliser les moyens qui sont à sa disposition (moyens exposés dans l'introduction du E.R.M.E.L. cf. chapitre deux) : marquage des éléments de la grille, repérage de ceux-ci par rapport à la comptine, opérer des partitions et désigner ces partitions à l'aide d'écritures additives ou les intégrer dans un dénombrement de type additif, éventuellement mobiliser des connaissances extra-scolaires sur la multiplication, et les écritures multiplicatives et sur un dénombrement de type multiplicatif).

Il doit faire une adéquation permanente, de chaque instant entre son exploration et sa méthode de dénombrement.

Enfin il doit fournir une écriture la plus fiable, la plus économique possible rendant compte du nombre d'éléments de la grille et de leur disposition.

Cela nous a conduit à présenter cette activité sous une autre forme :

- nous avons abandonné le jeu de message car nous pensions qu'il n'était pas déterminant pour l'obtention du résultat;
- nous avons décidé de permettre à l'élève de maîtriser l'affichage des grilles et de ce fait de l'explorer plus facilement;
- nous limitons son temps de réponse afin de le forcer à mobiliser les connaissances disponibles, les plus efficaces pour résoudre le problème.

Nous considérons qu'il est important, pour le sens à donner à l'écriture $a \times b$, que les élèves puissent se représenter une même grille de différentes manières et arriver à la conclusion qu'elle est entièrement définie par le nombre a de ses lignes et b de ses colonnes.

Cela nous a conduit à adapter la situation E.R.M.E.L. afin de permettre à l'élève d'anticiper sur l'action.

L'ordinateur nous a semblé être, pour cela, un outil possible en effet :

- avec une grille de jetons : l'élève peut manipuler directement les jetons mais son action porte sur des jetons séparés et non sur la grille complète;

- avec une grille dessinée sur une feuille de papier : l'élève ne peut réaliser la manipulation précédente, il ne peut pas (ou difficilement) réorganiser la collection et de ce fait, son exploration est limitée (car essentiellement visuelle). De plus l'observateur ne peut que difficilement recueillir des éléments d'information permettant de reconstituer la démarche suivie;

- avec une grille sur ordinateur : l'élève est mis en demeure d'anticiper l'action qu'il aurait faite pour recouvrir une grille dessinée sur du papier, avec des jetons. Il doit l'expliciter car il doit commander l'affichage de cette grille à la machine.

2° Description du cycle expérimental.

La situation se découpe en quatre phases :

- 1ère phase : une phase d'apprentissage des commandes à utiliser pour faire afficher une grille à l'écran.
- 2ème phase : passation effective de l'expérience.
- 3ème phase : constituée par une séquence faite en classe, sans ordinateur dont le but est la définition des écritures multiplicatives.
- 4ème phase : post-test mesurant le degré de réinvestissement des connaissances acquises par les enfants lors des phases précédentes

a) Connaissances préalables des élèves :

- Notions mathématiques :

Les diverses notions abordées au cycle préparatoire,
L'addition,
Les écritures additives :

. elles ne sont pas vécues comme représentant un nombre, mais "une opération à effectuer". Il y a une très forte institutionnalisation dans cette classe de l'écriture décimale canonique comme seule susceptible de désigner un nombre.

Le produit cartésien d'ensembles non numériques.

Les lois de composition interne non numériques.

Remarque :

Les opérations interviennent dans cette classe comme des lois de composition particulières.

- Manipulation d'un micro-ordinateur :

Les enfants ont tous manipulé un ordinateur Appel II ou Micral (mais pas de T07) pour des activités épisodiques.

Il s'agissait d'utiliser des logiciels (essentiellement en biologie).

Ils n'ont pas programmé, ni en LOGO, ni en BASIC.

b) première phase : phase d'apprentissage des commandes (APP)

- Objectifs :

Sans faire intervenir directement des problèmes de nombrement, il s'agit d'amener l'enfant à

* Savoir ce que l'on entend par grille :

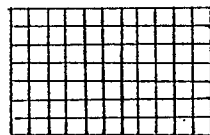
Une série d'objets sera appelée "grille" si les objets sont disposés en rectangle de telle façon que

- . chaque ligne contient le même nombre d'objets.
- . chaque colonne contient le même nombre d'objets.

Il peut s'agir d'une organisation discrète ou connexe. (*)

x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x

Organisation connexe"
(ou "non discrète")



Organisation "discrète"

Pour la phase 1, il s'agira d'une organisation discrète en rectangle dont les côtés sont parallèles aux bords de l'écran.

* Savoir utiliser les diverses commandes que propose le logiciel pour faire afficher une grille par l'ordinateur :

Il s'agit d'un apprentissage de la "programmation" indispensable à l'objectif qui suit.

* Savoir qu'il existe plusieurs façons de faire afficher une grille par l'ordinateur :

Il s'agit de permettre une mobilité de l'action et de la pensée sur une grille et sa traduction en terme de procédure d'affichage (dans les limites offertes par le logiciel).

L'apprentissage réalisé doit ultérieurement autoriser l'enfant à se construire une procédure d'affichage qui prenne en compte ses connaissances et le problème de dénombrement qui lui sera posé.

- Matériel :

- 2 micro-ordinateurs T07,

- le logiciel RECTD (voir annexe II-1) modifié.

. il présente 7 grilles toutes identiques de 10 x 19 objets # (voir annexe II.2).

. l'option R n'existe pas.

. l'entrée de réponse pour exprimer le nombre de points de la grille n'existe pas.

- les panneaux présentant des diverses commandes (sauf R) (se reporter à la description du logiciel RECT D page 53).

Phase 1.1

"Présentation des commandes"

Organisation de la classe :

La classe est en grand groupe et organisée autour d'un T07 devant lequel se tient un enfant.

Le formateur se tient près du T07.

Conditions expérimentales :

2 observateurs: - le maître de la classe
- D. Butlen

(NB. Pas de prise fichier pour cette phase).

Consignes :

Le formateur ayant fait apparaître une grille d'un seul coup (T), il donne la consigne :

"Voici une grille rectangulaire d'objets. Vous allez pouvoir commander la machine pour qu'elle construise la même grille de différentes façons. Comment croyez-vous qu'elle puisse vous construire la grille ?".

Déroulement :

Par le maître, il y a eu :

- . explicitation du terme grille,
- . présentation des tableaux de commande (successivement X, Y, Z, M),
- . production de grilles.

Analyse de la tâche :

Il s'agit pour l'enfant du groupe de :

- . construire mentalement la grille et d'expliciter (même partiellement) sa façon de faire,
- . de confronter son idée aux précédentes propositions pour en apprécier la nouveauté,
- . de confronter sa proposition aux commandes proposées par les panneaux dévoilés au fur et à mesure,
- . d'apprendre les commandes disponibles, c'est-à-dire ici :
 - de se servir de ces commandes pour donner des ordres à l'enfant au clavier,
 - de visualiser leurs effets.

Il s'agit pour l'enfant au clavier :

- . de suivre les échanges,
- . de réaliser sur le clavier les ordres émanant de membres du groupe,

Phase 1.2

"Réalisation de différents affichages d'une même grille"

Organisation de la classe :

La classe est organisée en 2 demi-groupes (12 enfants par demi-groupe) qui se succéderont pour mener l'activité proposée.

Le demi-groupe qui ne travaille pas sur la réalisation de différents affichages mène d'autres activités avec le maître dans sa salle usuelle.

Organisation du demi-groupe qui travaille sur la réalisation de différents affichages :

Les 12 enfants sont partagés en 2 demi-groupes.

Chaque groupe (6 enfants) est assisté d'un formateur et dispose d'un T07.

Les 6 enfants se succéderont sur le clavier.

Conditions expérimentales

Pas d'observateur.

Prise sur fichier des commandes données par les enfants à la machine pour l'affichage de la grille.

Consignes

Elles sont données par chaque formateur à son groupe de 6 enfants :

"Vous êtes un groupe de 6.

Quand la machine vous demandera votre nom, vous lui donnerez un nom pour votre groupe.

Elle va vous laisser construire la grille que vous connaissez 7 fois de suite.

Vous allez l'un après l'autre commander la construction de la grille, mais, attention, quand viendra votre tour, il ne faudra pas refaire ce qu'un camarade a déjà fait".

Remarque :

Cette consigne a incité certains enfants à émettre des consignes pour l'enfant au clavier :

ils lui commandaient des affichages particuliers (par exemple faire 4 lignes puis terminer en colonnes etc...). L'émission d'une consigne par le groupe à l'élève chargé du clavier, aurait pu être la consigne de départ.

Analyse de la tâche :

Pour l'élève au clavier :

- . 1er élève :
 - donner le nom pour le groupe.
 - réaliser un affichage (ou réaliser l'affichage commandé par le reste du groupe)

EXPLICATION DES COMMANDES

1°) COMMANDES X (type 1) : l'élève a le choix entre 3 possibilités :

- ☐ L : la grille s'affiche ligne par ligne
- ☐ C : la grille s'affiche colonne par colonne
- ☐ T : la grille s'affiche d'un seul coup.

2°) COMMANDES Y (type 2) : l'élève a le choix entre 3 possibilités :

- ☐ A : l'ordinateur affiche la grille sans que l'élève puisse intervenir lors de cet affichage (mais en tenant compte du choix portant sur X, à savoir par ligne ou par colonne) en marquant un arrêt après le premier élément de chaque ligne ou de chaque colonne.
- ☐ P : l'ordinateur affiche la grille sans que l'élève puisse intervenir lors de cet affichage (en tenant compte du choix X) sans marquer d'arrêt après le premier élément (contrairement à l'option A).
- ☐ M : l'élève fait afficher la grille suivant l'option qu'il choisit lors de la commande L.

3°) COMMANDES I (découlant de l'option M) : l'élève a le choix entre 4 possibilités et ceci à tout moment lors de l'affichage de la grille

ESPACEMENT - Si l'élève appuie sur cette touche, il affiche le reste de la ligne ou de la colonne (suivant le choix fait en 1°/ ou ci-dessous), l'ordinateur ayant affiché le 1er élément de cette ligne ou de cette colonne. De plus l'ordinateur affiche le 1er élément de la ligne ou colonne suivante de la grille (si elle existe, afin de signaler à l'élève que l'affichage n'est pas terminé, si celle-ci n'existe pas, l'élève doit donner sa réponse).

- ☐ L : en appuyant sur cette touche et si l'élève avait décidé précédemment un affichage par colonne (sinon apparaît au bas de l'écran le message C'EST CE TU ETAIS EN TRAIN DE FAIRE), il fait le choix d'un affichage ligne par ligne.

- ☐ C : même effet que ci-dessus (mais en inversant les rôles de Ligne et Colonne).
- ☐ R : l'élève décide d'arrêter l'affichage de la grille et de donner sa réponse.

4°) COMMANDES Z (type 3) : l'élève a le choix entre deux possibilités

ESPACEMENT - en appuyant sur cette touche du clavier, l'élève fait afficher la grille suivante, selon les mêmes modalités que la précédente

- ☐ N : l'élève choisit une autre modalité d'affichage et doit donc faire ses choix en recommençant par les commandes X.

Le choix du vocabulaire désignant les commandes est volontaire, nous avons voulu forcer l'enfant à apprendre un ensemble cohérent d'ordres à donner à une machine dans le but de lui faire élaborer une stratégie et prévoir l'effet de celle-ci sur l'affichage de la grille et sur la possibilité d'apporter une réponse au problème posé. Toutefois nous étions conscients de la difficulté de cet apprentissage, pour y remédier, du moins en partie, nous avons fait la séquence APP et prévu des affiches (collées au mur au-dessus de l'ordinateur) rappelant la signification des différentes commandes et leur utilisation (voir annexe II-4).

Les élèves passaient pour moitié sur le logiciel RECT D et pour moitié sur le logiciel RECT C (voir pour les listing annexe II-5 et II-6) présentent chacun un cycle identique de 7 grilles; dans le 1er cas les grilles sont constituées de dessins (A) disjoints, dans le 2ème des cas, les grilles sont constituées de carrés accolés les uns aux autres.

L'affichage des grilles est centré et effectué en couleur bleue, l'affichage des instructions et réponses se fait en rouge, au bas de l'écran.

8) cycle des 7 grilles - Les dimensions des grilles étaient les suivantes :
7 lignes - 5 colonnes; 6-9 ; 9-6 ; 8-8 ; 7-15 ; 10-11 ; 10-7.

- Le temps de 25 secondes accordé pour la réponse devait interdire un dénombrement un par un, du moins pour les 6 dernières grilles, et éliminer les dénombrements de type additif réitéré (du fait des dimensions des grilles et de la difficulté d'effectuer ces calculs mentalement).

γ) Les réponses, les durées de réponse, les choix de commandes et les erreurs éventuelles portant sur ces choix, sont enregistrés sur un fichier.
(voir listing du programme de lecture fichier : cf. annexe II-3)

Consigne donnée aux élèves

"Une grille doit s'afficher à l'écran, puis une autre, etc... en tout 7 grilles s'afficheront. Pour chaque grille, tu pourras décider de la façon dont elle s'affichera: par ligne, par colonne, tout d'un coup ... en donnant une série de commandes à la machine. Celles que tu as déjà apprises mardi.

Pour chaque grille, tu devras écrire le nombre d'objets de la grille, en utilisant l'écriture que tu veux : longue ou courte, avec des nombres ou des lettres, avec des signes opératoires ou non.

Attention, le temps de réponse est limité, tu devras aller vite !"

Les expérimentateurs s'assuraient avant la passation que la consigne était comprise; au besoin ils l'explicitaient davantage en faisant référence à APP et aux affiches et à l'expérience scolaire des enfants sur les écritures dites "longues ou courtes".

Ainsi la tâche de l'élève est la suivante :

- afficher une grille à l'écran à l'aide des commandes, X,Y,I et Z
- choisir parmi ces commandes celles qui lui permettront de réaliser un affichage lui permettant de dénombrer le nombre d'objets de la grille pendant le temps d'affichage augmenté du temps (limité à 25 s) de réponse.

Cela impose donc une anticipation de sa part portant à la fois sur le mode d'affichage (et les commandes le permettant) et sur le choix du dénombrement le plus adéquat à cet affichage (l'adéquation pouvant se faire en sens inverse également).

Les outils mathématiques à sa disposition sont identiques à ceux explicités dans la présentation de la séquence du E.R.M.E.L.

Hypothèses testées lors de cette phase

a) hypothèse 1 : Le temps limité, pour donner une écriture permettant de désigner le nombre d'objets d'une grille, allié au nombre important (7) d'exemplaires différents d'un même problème, doit amener les élèves, qui en ont déjà la connaissance (extra-scolaire), à produire une écriture multiplicative. De même l'échec des autres élèves, doit les amener à considérer cette forme d'écriture, comme efficace pour répondre au problème posé, et ceci après la phase d'institutionnalisation.

b) hypothèse 2 : La complication de la tâche de dénombrement (nombre important d'objets de la grille) liée au temps limité de réponse doit amener les élèves à abandonner un dénombrement un à un de ces objets pour choisir un autre type de dénombrement :

- additif, celui-ci devant être rapidement abandonné du fait de la complexité du calcul mental correspondant,

- lié à la configuration géométrique de la grille rectangulaire ("multiplicatif") : à savoir : dénombrer le nombre d'objets d'une ligne et d'une colonne et d'en déduire par multiplication (ou addition répétée), le nombre d'objets de la grille. Ce type de dénombrement devant conduire

- ceux, qui la connaissent déjà, à adopter une écriture multiplicative lors de la demande de réponse,

- les autres, à adopter ce type d'écriture lors de la phase d'institutionnalisation, et à le réinvestir par la suite, lors du post-test.

c) hypothèse 3 : La diversité du choix des commandes liée au temps limité de réponse, doit permettre aux élèves d'élaborer tout au long du cycle de présentation des grilles, une stratégie leur permettant d'explorer la grille proposée, cette stratégie d'exploration devant les conduire à adopter un dénombrement de type "multiplicatif" ou additif. (Le procédé le plus économique étant d'utiliser la commande M pour faire afficher une ligne et une colonne).

De plus, la possibilité de changer de type d'affichage (par ligne, ou par colonne) devrait leur permettre d'acquérir un vécu manipulateur (et pas seulement intellectuel) de la commutativité de la multiplication.

d) DESCRIPTION DE LA SEQUENCE D'INSTITUTIONNALISATION (INST)

Le samedi 10/12/83 (lendemain de la passation de EXP) a eu lieu une séquence dont le but était de donner un sens à l'écriture multiplicative et d'institutionnaliser cette notion.

hypothèse : Sur la base des difficultés ou réussites rencontrées par les élèves lors de EXP, l'écriture multiplicative devrait être, après en avoir défini le sens, perçue par ceux-ci comme un instrument efficace permettant de répondre au problème posé en EXP (ceci compte tenu du temps limité accordé pour cette réponse).

déroulement de la séquence

Cette séquence a lieu en classe, elle est conduite par l'un des P.E.N. (D. Butlen), en présence du maître de la classe (M. Boyer) jouant le rôle d'observateur. Elle est divisée en quatre périodes.

1ère période - rappel par les élèves des stratégies de dénombrement adoptées la veille et appréciation sur leur pertinence (permettre à coup sûr, de fournir une réponse).

- quand cela est possible, rappel des commandes utilisées en liaison avec ces types de dénombrement.

2ème période * Une grille (cf. annexe II-7) constituée de croix (dimension : 21 colonnes, 16 lignes) est distribuée à chaque élève, ceux-ci doivent en un temps limité (environ 60 secondes) désigner par une écriture de leur choix, le nombre d'éléments de la grille.

* Exposition par les élèves du type de dénombrement adopté et pertinence de ceux-ci en fonction de la tâche à remplir.

* Après avoir comparé ces méthodes et après avoir rappelé le bilan de EXP, les élèves sont censés se mettre d'accord sur l'efficacité du dénombrement de type multiplicatif et de l'écriture multiplicative.

* Matériel collectif : une affiche (grand format) est affichée au tableau représentant la grille "16 x 21".

3ème période définition (par le maître) du sens de l'écriture multiplicative, en s'appuyant sur la configuration géométrique d'une grille correspondante (16 lignes de 21 éléments), 21 colonnes de 16 éléments) et en s'appuyant sur l'addition :

$$a \times b = \underbrace{a + a + \dots + a}_{b \text{ fois}} = \underbrace{b + b + \dots + b}_{a \text{ fois}}$$

4ème période Cette période n'a pas été réalisée lors de la séquence du 10/12/83, mais par la suite par M. Zoyer (faute de temps !). Les élèves doivent construire sur papier quadrillé, une grille (composée de croix), écrire un message à un pair permettant à ce dernier de construire une grille analogue à la première, en respectant la consigne suivante (n'utiliser que des nombres et des signes opératoires pour rédiger le message).

La validation de l'activité se faisant en comparant les 2 grilles et le message.

productions des élèves

1ère phase : - Les élèves énoncent 8 types de dénombrements, se ramenant en fait aux quatre types suivants :

. dénombrement de type multiplicatif (DM) (voir page 77).

. dénombrement de type additif (DA) (4 par 4, 2 par 2 ...)

. dénombrement de type additif mais 10 par 10 (D 10)

. dénombrement un par un (D1)

- Deux élèves font référence aux commandes utilisées (commandes C et M)

- Deux élèves jugent leur procédure efficace (un élève utilisant un dénombrement DM et un utilisant un dénombrement D 10), dans tous les cas de grilles.

- Les élèves décident que les dénombrements de type DM et l'écriture multiplicative (non définie !) s'avèrent les plus efficaces.

2ème phase :

- constitution des équipes

. équipe n°1 : Florent (*), Thomas (*), Nicolas

. équipe n°2 : John, Laurent, Gilberto

. équipe n°3 : Jean-Pierre (*), Elise

. équipe n°4 : Vincent, Angelo, Cédric

. équipe n°5 : Ségolène (*), Olivier, Mounia

. équipe n°6 : Géraldine, Corine, Aurore (*)

. équipe n°7 : Jamilia (*), Mai, Stéphanie

. équipe n°8 : Tristan, Julie, Olpha

5 équipes possèdent parmi ses membres, des élèves (marqués par une astérisque) ayant une connaissance préalable de la multiplication (Notons que la constitution des équipes n'a pas été un choix relevant des expérimentateurs, mais plus ou moins des élèves).

- production des élèves Parmi les 8 équipes - 4 équipes adoptent un dénombrement multiplicatif et produisent une écriture multiplicative (dont 2 fausses - cf. annexe 11-8.

- 4 équipes adoptent un dénombrement additif, se traduisant par : une écriture additive, une non-réponse, et deux écritures du type E.N. (fausses).

- Ainsi dans chaque équipe (sauf une : celle de Ségolène) où figure un élève ayant fait l'expérience des dénombrements de type multiplicatif, celui-ci convainc ses pairs d'adopter ce type de dénombrement et l'écriture associée.

- Après cette épreuve et après comparaison des procédures et des résultats, les élèves décident d'adopter les dénombrements DM et les écritures multiplicatives comme les plus efficaces pour répondre à la question posée (notons une réticence très forte d'une équipe par rapport à cette décision).

e) DESCRIPTION DU POST-TEST (PT)

But de l'activité : vérifier que les élèves réinvestissent les écritures multiplicatives dans une activité du même type que l'activité EXP (le temps de réponse étant de même limité).

hypothèses déduites des précédentes :

1/ Les élèves devraient, très largement, adopter une écriture multiplicative, pour désigner le nombre d'objets de la grille.

2/ Le type de dénombrement adopté par ceux-ci, devrait être du type :
- dénombrement d'une ligne et dénombrement d'une colonne, et ceci très majoritairement, parallèlement, il devrait rester dans une moindre mesure des dénombrements de type additif, voire un par un.

3/ Les erreurs dues au dénombrement devraient être beaucoup moins importantes en nombre que lors de l'activité EXP ; les réponses données beaucoup plus nombreuses.

description du logiciel

a) listing : voir annexe II-9.

b) l'activité est identique à l'activité EXP (voir § précédent) avec les restrictions suivantes :

. Les élèves ne peuvent plus explorer les grilles, celles-ci s'affichent tout d'un coup (ce qui correspond au choix T lors de EXP).

. ils doivent désigner le nombre d'objets de 5 grilles dans le même temps (25 secondes), limité qu'en EXP.

Les dimensions des grilles sont :

11,15 - 9,9 - 12,11 - 13,13 - 13,17

ce cycle a été choisi afin d'éliminer les modes de dénombrement un par un (faute de temps) ou dix par dix (apparaissant lorsqu'une des dimensions de la grille est un multiple de dix).

B - Conditions expérimentales

1°) public testé : l'expérience s'est déroulée dans une classe de CE2 de l'école annexe de l'Ecole Normale d'Institutrices de Paris. Le maître de la classe est un C.P.E.N.. Cette classe a 24 élèves. Le maître a suivi les élèves du CE1 au CE2. Il n'a pas traité la multiplication au CE1, seule a été traitée l'addition (dans N).

L'expérience se déroule au mois de décembre 1983. Elle s'étale sur deux semaines.

- pour chaque passation sur ordinateur, les élèves se déplacent à l'Ecole Normale, seule la phase n°3 a été réalisée dans la classe,

- matériel utilisé : deux T07 (appartenant à l'E.N.),

- les expérimentateurs étaient au nombre de 4 : 2 professeurs d'Ecole Normale (Mme Trehard, M. Butlen), deux C.P.E.N. (M. Boyer, Melle Lepinet) enseignant respectivement en CE2 et CE1.

Plus précisément :

- Pour la 1ère phase : les élèves se sont déplacés en groupe à l'école Normale. (elle s'est passée le mardi 6/12/83),

- Pour la 2ème phase : les élèves étaient au nombre de 24 comme pour la première phase, ils passaient individuellement sur l'ordinateur, pour moitié sur RECT D (12 élèves) et pour moitié sur RECT C.

Le passage de toute la classe a pris environ 4h.30mn (le 9/12/83).

Lorsqu'un observateur repérait qu'un élève utilisait des écritures multiplicatives, celui-ci subissait un entretien.

- Pour la 3ème phase : Seuls 23 élèves étaient présents, la séquence est faite par le P.E.N. : Denis Butlen, en présence d'un seul observateur (le maître de la classe M. Boyer) qui prend un compte-rendu ainsi qu'un enregistrement sur magnétophone à cassettes. La séquence a duré environ 60mn et s'est déroulée le lendemain de la passation de la 2ème phase (le 10/12/83).

- Pour la 4ème phase : 24 élèves étaient présents, les élèves passaient individuellement sur l'ordinateur. La passation s'est faite le vendredi suivant la leçon d'institutionnalisation.

Les observateurs étaient au nombre de 4 .

Après chaque passation, l'élève était soumis à une "petite analyse clinique".

La passation a duré toute la matinée (environ 3H.).

Les observateurs prenaient des notes personnelles sur le comportement des élèves et lors de l'analyse clinique. De plus, de même que lors de la passation de EXP, toutes les initiatives des élèves liées à l'utilisation de l'ordinateur (réponse, temps de réponses) ont été enregistrées sur fichier et de ce fait rapelables à tout moment par les expérimentateurs.

2°) Les restrictions expérimentales - le choix des expérimentateurs.

Nous devons signaler ici un certain nombre de contraintes expérimentales :

- la première est liée au nombre d'ordinateurs disponibles (2 T07), ce faible nombre alourdit considérablement la passation des activités (4H.30 pour EXP, 3H. pour le post-test).

- la seconde est liée aux conditions de passation : une passation individuelle des élèves permet de mieux cerner les cheminements suivis, toutefois elle prend beaucoup de temps et impose un délai assez long entre les différentes phases du cycle expérimental (notamment entre les phases 1,2 et 3). Par contre, une passation par groupe (de 4,5 élèves), si elle permet de raccourcir le temps d'expérimentation, pose beaucoup plus de problèmes pour l'observation. Notons qu'une telle passation pourrait apporter un élément dynamique. Elle ne supprimerait pas toutefois les difficultés liées au rappel des productions des élèves lors d'une mise en commun du travail des groupes, il faudrait pouvoir disposer d'un écran de projection ou d'une télévision à très grand écran.

Nous avons volontairement opté pour la première solution, conscients des restrictions imposées et conscients de la difficulté liée à la reproductibilité d'une telle situation.

III ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA SITUATION N°1

A Analyse des résultats
de la phase d'apprentissage
des commandes

Analyse des résultats

L'ensemble des 24 enfants de la classe a réalisé 4 cycles de 7 grilles.

Vingt-huit grilles ont été construites.

Vingt-quatre commandes Z étaient à donner.

L'examen des fichiers permet de faire le bilan qui suit :

Commandes utilisées :

Commandes X	L	11
	C	8
	T	5

Commandes Y	A	6
	P	9
	M	4

Commandes Z	<input type="checkbox"/>	4
	N	20

Commandes I	<input type="checkbox"/>	122
	L	6
	C	7

Il n'y a pas eu d'erreur de frappe ou d'utilisation d'une commande d'un type à un moment inadéquat.

Toutes les commandes ont été utilisées.

Remarques sur l'utilisation des commandes :

Utilisation des commandes Z :

N a été utilisée majoritairement et de façon correcte, c'est-à-dire qu'une procédure d'affichage qui suit N est effectivement nouvelle.
Le nombre d'utilisation de N peut s'expliquer par la consigne donnée.

☐ peu utilisée :

4 fois : - 2 fois après une procédure qui contenait M, ce qui permettait de réaliser une nouvelle procédure d'affichage.

- 2 fois après une procédure qui ne contenait pas M, ce qui ne permettait pas de réaliser une nouvelle procédure d'affichage.

On ne peut rien dire sur l'exactitude de l'utilisation de ☐ .

Ce qui précède montre que la consigne a été respectée de façon stricte dans 22 cas sur 24 (les 4 premières procédures ne peuvent être prises en compte).

On peut même avancer que les 2 cas qui ne produisent pas de nouvelle procédure ont néanmoins respecté la consigne de façon large en utilisant ☐ , celle-ci intervenant après un usage de N .

Utilisation des commandes X :

T est minoritaire, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'il ne permet pas à l'enfant de s'installer, ni dans l'action, ni dans la visualisation.

L est légèrement majoritaire (sens de lecture, rédaction des tableaux de référence).

Utilisation des commandes :

P est légèrement majoritaire, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'il produit la grille plus vite que A mais moins vite que T .

M est minoritaire au regard de A + P

Elle est utilisée :

. 4 fois directement (après N au niveau Z)

. 2 fois implicitement (après ☐ au niveau Z à la suite d'une procédure qui contient M)

Elle sert en fin de cursus (grilles 6 et 7) alors que les commandes X et Y - {M} servent en début de cursus.

Cette commande est moins utilisée et plus tard dans le cursus vraisemblablement en raison de la complexité à laquelle elle mène (usage des commandes I)

Utilisation des commandes I.

Elles ont permis des alternances :

1 : C L

1 : L C

1 : C L C

1 : L C L

1 : L C L C

1 : L C L C L

On peut dire que les enfants ont appris à afficher une grille de différentes façons.

Les objectifs exposés en page 43 sont atteints au moins partiellement :

en effet, rien n'assure que cet apprentissage soit disponible pour résoudre un problème donné (dernière partie de l'objectif c).

Remarques

L'organisation matérielle est très lourde.

Il aurait été souhaitable que les enfants puissent travailler plus longtemps qu'ils ne l'ont fait, ce qui aurait été possible avec plus d'ordinateurs.

La validation porte essentiellement sur la production d'une grille (sans recevoir de message d'erreur).

Il serait souhaitable de prévoir une séance où les enfants auraient à réaliser un cycle donné, ce qui permettrait de vérifier que les commandes données correspondent aux procédures d'affichage et conséquemment de mesurer plus finement l'apprentissage réalisé.

Il n'y a pas eu de phase d'institutionnalisation.

Questions :

La question principale semble être : quelle est l'influence de cette séance sur les séances faisant intervenir le problème de dénombrement ?

Comment réaliser autrement l'apprentissage de la "programmation" ?

Cet apprentissage peut-il coexister avec le problème de dénombrement.

Y aurait-il enrichissement mutuel ?

Cet apprentissage ne peut-il, dans la façon où il a été mené, être vécu négativement par l'enfant au sens où il peut lui sembler "gratuit".

Cet apprentissage est-il "suffisant" ? (voir le peu d'utilisation de la commande M).

B Analyse des résultats
de l'expérience

ANALYSE DES PROCEDURES DE RESOLUTION DES ELEVES.

Pour faire cette analyse, nous allons étudier :

- l'utilisation des différentes commandes du logiciel faite par les élèves,
- les types de dénombrement mis en œuvre par ceux-ci,
- l'interaction entre ces deux facteurs.

1°) analyse de l'utilisation des commandes.

a) Utilisation des commandes A,P,M,T

Le tableau n°1 donne par grille, et sur l'ensemble du cycle des 7 grilles, le nombre d'élèves utilisant les différentes commandes A.P.M et T

Tableau n°1

GRILLES COMMANDES	1	2	3	4	5	6	7	Total
A	11	14	9	8	6	5	4	57
P	3	4	6	5	4	3	2	27
T	7	3	5	5	9	8	9	46
M	3	3	4	6	5	8	9	38
Total	24	24	24	24	24	24	24	168

- La commande A est la commande la plus utilisée par les élèves sur l'ensemble du cycle (34 %). Cela prouve une volonté, de leur part, de ralentir l'affichage fait par l'ordinateur. Son utilisation décroît tout au long du cycle (58 % des élèves l'utilisent à la grille 2 contre 17 % à la grille 7), au profit des commandes M et T.

- La commande T est moins utilisée que la précédente (27 % sur l'ensemble du cycle). Elle est nettement plus utilisée sur la fin du cycle (grille 5,6 et 7), une analyse ultérieure montrera qu'elle ne défavorise pas les élèves adoptant un type de dénombrement "efficace" (multiplicatif, ou dénombrement par 10). Elle est plus simple à utiliser que les autres commandes (1 seul choix), cela explique le taux de 29 % pour la grille 1. Le creux enregistré pour les grilles 2,3 et 4 s'explique par le fait que cette commande ne permet pas une exploration de la grille et se traduit par le temps de réponse le plus court (25 secondes).

- La commande M n'est utilisée, globalement, que dans 23 % des cas. Le taux d'utilisation croît avec le cycle (13 % pour les grilles 1 et 2, 38 % pour la grille 7). M permet, comme la commande A, de ralentir la machine, son utilisation peut s'interpréter comme une volonté, pour l'élève, d'une part de maîtriser l'affichage, d'autre part de faire "faire quelque chose" de contrôlé à l'ordinateur. Sa difficulté d'utilisation (nécessité d'utiliser les commandes I) explique le faible taux des grilles 1,2 et 3. La difficulté liée à la tâche (temps de réponse limité) impose, dans la suite du cycle, son utilisation.

- La commande P est la moins utilisée (16 % globalement), car elle ne permet, ni une exploration de la grille, ni de ralentir l'affichage. Son taux d'utilisation est stable pour l'ensemble du cycle (entre 15 % et 20 %), avec toutefois une légère chute en fin de cycle.

Globalement les commandes A et M, permettant de ralentir l'affichage sont majoritairement employées (57 % sur l'ensemble du cycle), elles le sont également pour chaque grille (sauf pour la grille 5). Toutefois dans le rôle de ralentisseur la commande M remplace peu à peu la commande A, car elle est plus performante (pour explorer et pour jouer sur le temps).

b) stabilité des choix portant sur les commandes A,P,T,M.

Pour étudier cette stabilité de choix, nous avons relevé le nombre d'élèves utilisant la même commande 1,2,3,... 7 fois de suite.

Tableau n°2

nombre d'utilisations commande \ succ	1	2	3	4	5	6	7	Total
A	13	8	4	1	1	0	1	57
P	7	6	1	0	1	0	0	27
T	19	4	4	0	0	0	1	46
M	10	6	4	1	0	0	0	38
Total	49	24	13	2	2	0	2	168

En général, les élèves ne persistent pas durablement dans leur choix (58 % des commandes ne sont utilisées qu'une ou deux fois de suite). La commande P est la plus rapidement abandonnée (70 % d'abandons de cette commande après 1 ou 2 utilisations successives). La commande A est la plus stable (51% d'abandons après 1 ou 2 utilisations successives). Les commandes T et M sont à ce sujet équivalentes (59 % d'abandons après 1 ou 2 utilisations successives). Le choix de la commande P est le moins stable car il ne permet pas de ralentir efficacement l'ordinateur contrairement au choix de la commande A.

Cette faible stabilité de choix prouve une recherche, de la part des élèves, de la meilleure commande à utiliser, leur permettant en fonction du type de dénombrement adopté, de résoudre le problème posé.

c) utilisation des commandes L,C,T (Commande X)

Nous nous intéressons ici au type (spatial) d'affichage des différentes grilles. Le tableau n°3 donne pour chaque grille le nombre d'élèves décidant de changer de type d'affichage (passage d'un 'affichage ligne' à un 'affichage colonne' ou réciproquement).

Tableau n°3

GRILLE MODE	1	2	3	4	5	6	7	Total
L	11	10	10	10	9	6	10	66
C	6	11	9	7	5	8	3	49
T	7	3	5	5	9	8	9	46
Changement	0	0	0	2	1	2	2	7
Total	24	24	24	24	24	24	24	168

Sur l'ensemble du cycle, l'affichage par ligne (L) est le plus fréquent (39 %), cela provient sans doute du sens de lecture (horizontal, de gauche à droite) usuel et de l'ordre de présentation des commandes sur les affiches murales (L était la 1ère présentée).

L'utilisation des commandes T et C sont sensiblement équivalentes (29 % et 27 %).

Les élèves n'utilisent pratiquement pas la possibilité de changer de type d'affichage (7 sur 168), ce qui prouve d'une part qu'ils n'en perçoivent pas l'utilité, d'autre part que la commande M n'est perçue uniquement que comme un moyen de ralentir l'affichage. De plus ces changements ne sont effectués qu'en fin de cycle et seulement par 6 élèves.

Enfin la commande C est plus utilisée pour les grilles 2,3,4 qui correspondent à une phase de recherche d'une stratégie efficace

La commande C est plus vite abandonnée que la commande L (67 % des choix sont isolés ou groupés pas 2, contre 53 % pour L). Les changements sont toujours isolés (1 seul cas de 2 changements successifs lors de 2 grilles successives).

Signalons d'autre part que, dans le cas d'utilisation de la commande M, aucun élève ne propose de répondre avant l'affichage complet de la grille. Cela peut être dû à deux facteurs : d'une part, une attitude prudente (avoir le maximum de renseignements sur la grille), d'autre part une impossibilité à déduire du nombre d'éléments d'une ligne et d'une colonne, le nombre d'éléments total de la grille (cela s'explique aisément par le fait que les élèves ayant une connaissance préalable des écritures multiplicatives sont très peu nombreux).

2°) Analyse des différents types de dénombrements adoptés par les élèves

a) code utilisé pour désigner les types de dénombrement

Nous avons relevé 6 types de dénombrement des éléments de la grille :

- D1 : dénombrement un par un
- D10 : dénombrement dix par dix
- DA : dénombrement de type additif (autre que dix par dix), par exemple :
2 par 2, ou 6 par 6
- DA1 : passage lors d'une même grille d'un dénombrement de type D10 ou DA au dénombrement de type D1 (et réciproquement)
- DM : l'élève dénombre les éléments d'une ligne et d'une colonne et en déduit le nombre d'éléments de la grille.
- DAM : passage lors d'une même grille d'un dénombrement de type DA ou D10 à un dénombrement de type DM (et réciproquement).(*)

(*) bien que le passage d'un dénombrement additif à un dénombrement multiplicatif, ne soit pas identique en passage inverse (le 1er étant un progrès, le second une régression), nous avons décidé de les coupler dans une même catégorie pour la raison suivante : dans les deux cas relevés, le passage est hésitant, il n'est pas stable (retour en arrière, puis progrès etc...), c'est à la grille suivante que le choix devient définitif.

b) relevé des types de dénombrement adoptés par les élèves

Le tableau n°4 présente le nombre d'élèves adoptant, pour chaque grille, chaque type de dénombrement cités ci-dessus.

Tableau n°4

GRILLES DENOM- BREMENT	1	2	3	4	5	6	7	Total
DA	13	12	11	12	15	10	9	82
DA1	2	2	4	3	2	3	2	18
DA	4	3	2	1	1	0	1	12
D10	0	1	1	2	1	5	7	17
DAM	1	0	1	0	0	0	0	2
DM	2	4	4	6	5	5	5	31
Total	22	22	23	24	24	23	24	162

Sur l'ensemble du cycle, le dénombrement un par un (D1) est largement prédominant (51 %), viennent ensuite les dénombrements de type additif (DA1, DA et D10 représentent globalement 29 %) et les dénombrements de type multiplicatif (DAM et DM : 20 %).

D1 diminue, en utilisation pour les grilles G6 et G7 au profit de D10 (dans chaque cas une des dimensions de la grille est égale à 10, ce qui induit chez les élèves, ce type de dénombrement).

Si l'on élimine le dénombrement dix par dix, nous voyons que les dénombrements de type additif sont peu utilisés, vite abandonnés du fait des difficultés dues au calcul mental. Leur utilisation s'accompagne souvent d'une régression en cours de route au dénombrement un par un. Le nombre d'élèves recourant à ces dénombrements est stable sur les 5 premières grilles, augmente pour les deux dernières du fait du dénombrement D10.

Le dénombrement DM est vite adopté par les élèves connaissant les écritures multiplicatives (4 élèves à la grille 2, 6 à la grille 4, puis 5 élèves pour les suivantes). Sur 6 élèves l'utilisant, un seul l'abandonne par la suite définitivement, les autres le conservent jusqu'à la fin du cycle. Il s'avère donc efficace pour résoudre le problème posé.

c) stabilité des choix portant sur les types de dénombrement

Le tableau n°5 construit sur le même principe que le tableau n°2.

Tableau n°5

nombre d'utili- type de sation suc- clénombrement	1	2	3	4	5	6	7	Total
D1	7	2	2	2	3	0	6	82
DA1	8	5	0	0	0	0	0	18
DA	5	2	1	0	0	0	0	12
D10	4	4	0	0	1	0	0	17
DAM	2	0	0	0	0	0	0	2
DM	1	0	0	1	0	2	2	31
Total	27	13	3	3	4	2	8	162

Globalement les élèves ne changent pas beaucoup de type de dénombrement (77 % d'utilisation successive du même type de dénombrement supérieur ou égal à 3). Les dénombrements de type additif sont très vite abandonnés (un seul élève utilise cinq fois de suite D10). D1 et DM sont très stables (particulièrement les choix portant sur DM).

3°) Analyse comparée des commandes utilisées et des types de dénombrement mis en œuvre par les élèves

Le tableau n°6 rend compte du nombre d'élèves associant chaque type de commande A,P,M,T à chaque type de dénombrement. Il porte sur l'ensemble du cycle des 7 grilles, et sur 162 cas (Dans 6 cas, nous n'avons pas pu déterminer le type de dénombrement utilisé par l'élève).

Tableau n°6

dénombrement commandes	D1	D10	DA	DA1	DAM	DM	Total
A	32	3	8	10	1	2	56
M	21	5	1	2	1	8	38
P	12	4	1	3	0	5	25
T	17	5	2	3	0	16	43
Total	82	17	12	18	2	31	162

- La commande A est associée essentiellement aux dénombrements de type D1 (57 % des cas) et de type additif (37 % pour D10, DA et DA1), car elle permet de ralentir l'affichage.

- La commande M de même, est largement associée à D1 (55 % des cas), et ceci pour la même raison que ci-dessus. Elle se répartit également entre les dénombrements de type additif et de type multiplicatif.

- La commande P est davantage associée à D1 (48 %) qu'aux dénombrements de type additif (32 %) et multiplicatif (20 %). Il convient toutefois de remarquer que cela peut s'expliquer par le fait que D1 est le dénombrement le plus souvent utilisé par les élèves.

- La commande T se répartit également entre D1 et DM (40 % et 37 %) et pour une plus faible part sur les dénombrements additifs (23 %). La commande T ne s'oppose pas aux dénombrements multiplicatifs, car l'efficacité de ces derniers dispense les élèves, d'une recherche de commandes permettant de ralentir l'affichage des grilles.

- Les dénombrements D1 se répartissent majoritairement sur les commandes A et M (65 % des cas) car elles ralentissent l'affichage. C'est également le cas pour les dénombrements additifs (62 % des cas), notons toutefois que D10 se répartit également entre les commandes M,P et T (cela provient de l'efficacité de ce type de dénombrement pour les grilles 6 et 7).

- DM, pour la raison déjà citée, est majoritairement associé à la commande T (52 % des cas) notons que la commande M semble faciliter les dénombrements de type multiplicatif (27 % des cas). Cela provient sans doute de la possibilité offerte par cette commande d'explorer la grille à afficher.

4°) Conclusions

- Nous voyons que les élèves n'utilisent les commandes (exception faite pour ceux utilisant des dénombrements de type multiplicatif) que pour ralentir l'ordinateur. Cela est significatif d'une volonté d'agir sur l'affichage et contre la machine, mais cela leur permet de conserver un dénombrement de type D1. Le temps s'oppose aux dénombrements de type additif mais, sauf pour 2 élèves, cela se traduit par des régressions à des dénombrements de type D1.

- Le temps limité de réponse, impose aux élèves connaissant la multiplication, de réinvestir leurs connaissances sur le sujet.

- La commande M n'est que très peu utilisée pour explorer les grilles, son emploi se réduit essentiellement à ralentir l'ordinateur.

ANALYSE DES REPONSES DES ELEVES

1°) Analyse des réponses.

a) nombre de réponses données et de réponses justes à chaque grille du cycle

Tableau n°7

GRILLES REPONSES	1	2	3	4	5	6	7	Total
Réponses données	13	11	14	15	8	14	13	88
Réponses justes	8	3	6	6	3	10	9	45
Réponses non données	11	13	10	9	16	10	11	80

- Globalement on relève : 52 % d'élèves qui répondent sur l'ensemble du cycle (sur 168 réponses possibles), 27 % de réponses justes (soit 51 % des réponses fournies par les élèves). Ainsi dans 73 % des cas, l'élève ne sait par répondre ou fournit une réponse erronée, ce qui traduit tout de même un fort taux d'échecs.

- Notons un plus fort taux de réponses justes pour la grille 1 (de faibles dimensions, permettant un dénombrement un à un) et pour les grilles 6 et 7 (résultat éventuel d'un apprentissage, résultat provenant également de l'existence d'un facteur 10).

- Les grilles 2 à 5 marquent une phase de tâtonnements, de recherche soldée par un fort taux de réponses erronées ou (dans le cas des grilles 2 et 5) de réponses non données.

b) analyse des réponses en tenant compte de la commande utilisée

Le tableau n°8 fournit le nombre d'élèves donnant une réponse (juste ou non) en liaison avec la commande (A,P,T,M) utilisée.

Tableau n°8

COMMANDE REPONSE	A	P	M	T	Total
Réponses données	32	13	22	21	88
Réponses justes	9	10	10	16	45
Réponses non données	25	14	16	25	80
Total	57	27	38	46	168

- Les commandes A et M permettent aux élèves de fournir une réponse (respectivement dans 56 % et 58 % des cas) car elles ralentissent la machine mais le taux de réponses justes sont faibles (respectivement dans 16 % et 26 % des cas), cela provient du fort taux de dénombrement D1 associé à ces commandes.

- La commande T défavorise les élèves l'utilisant (46 % de réponses données dans le cas de son utilisation), toutefois lorsque les élèves peuvent donner une réponse, elle est souvent juste (76 % des réponses données sont justes), cela confirme que dans ce cas, ils adoptent une technique de dénombrement efficace (DM notamment).

- Les résultats sont identiques (respectivement 48 % et 77 %) en ce qui concerne la commande P.

- Les élèves fournissant une réponse proviennent majoritairement (61 %) d'élèves utilisant les commandes A et M, les élèves donnant une réponse juste sont majoritairement (58 %) des élèves utilisant les commandes P et T. (Commandes ne permettant pas de ralentir l'ordinateur, mais souvent associé à des dénombrements multiplicatifs)

c) Analyse des réponses compte tenu du type de dénombrement adopté

Tableau n°9

type de dénom- brement Réponses	D1	DA1	DA	D10	DAM	DM	Total
Réponses données	34	8	4	15	0	27	88
Réponses justes	11	3	2	12	0	17	45
Réponses non données	48	10	8	2	2	4	74
Total	82	18	12	17	2	31	162

- Le dénombrement DM est efficace et fiable (87 % de réponses données, 55 % de réponses justes dans ce cas). Il en est de même du dénombrement D10 (utilisé seulement pour les grilles 6 et 7).

- Les dénombrements D1, DA1 et DA sont peu efficaces, tant pour la donnée d'une réponse (respectivement 41 %, 44 %, 33 %), que pour la justesse de celles ci (respectivement 3 %; 17 % et 17 %).

d) notons d'autre part que seuls les élèves adoptant un dénombrement DM fournissent une écriture sous forme multiplicative, toutefois dans 9 cas sur 31, ils effectuent mentalement le produit. Aucun élève ne produit d'écriture additive.

2°) Analyse des erreurs

a) répartition des erreurs suivant les grilles, compte tenu de la forme d'écriture de la réponse

Tableau n°10 (les nombres entre parenthèses donnent le nombre de réponses fournies pour chaque type d'écriture)

GRILLE type d'écriture	1	2	3	4	5	6	7	Total
écriture multi- plicative (E.M.)	0 (2)	1 (2)	0 (3)	1 (4)	2 (5)	1 (4)	0 (2)	5 (22)
écriture compor- tant uniquement un nombre (E.N.)	5 (11)	7 (9)	8 (11)	8 (11)	3 (3)	3 (10)	4 (11)	38 (66)
Total	5 (13)	8 (11)	8 (14)	9 (15)	5 (8)	4 (14)	4 (13)	43 (88)

- très peu de réponses fausses fournies sous forme multiplicative (5/22),
- un fort taux d'erreurs dans l'autre cas (38/66 soit 58 %),
- notons que les erreurs sont plus nombreuses pour les grilles G2, G3 et G4, qui correspondent à une phase de tâtonnement (portant sur l'utilisation des commandes, le choix du dénombrement, la forme d'écriture).

b) analyse des erreurs portant sur des écritures multiplicatives

- Sur 5 erreurs, une erreur est manipulatoire (Jean-Pierre a appuyé sur la touche entrée avant d'écrire sa réponse),

- Les autres erreurs sont des erreurs de dénombrement,

Aurore : 7×7 au lieu de 8×8

11×7 au lieu de 15×7

11×7 au lieu de 11×10

David : 15×8 au lieu de 15×7

- Notons que ces erreurs sont de faible amplitude dans 2 cas sur 4. De toute façon elles sont de plus faible amplitude que celles décrites ci-dessous (globalement).

N.B. Nous pouvons définir une distance de la façon suivante :
si $n \times p$ est le produit exact et $n' \times p'$ le produit proposé par l'élève
(une observation directe des expérimentateurs a permis d'associer de façon certaine les facteurs correspondants des 2 produits)
 $d(n \times p, n' \times p') = \sup(|n-n'|, |p-p'|)$.

c) analyse des erreurs portant sur des écritures de type E.N.

Nous avons calculé, dans chaque cas la distance séparant la réponse erronée, de la réponse juste. Le tableau n°11 transcrit ses résultats :

Tableau n°11

GRILLES DISTANCE	1	2	3	4	5	6	7	Total
d = 1	0	1	6	1	1	0	1	10
d = 2	0	0	0	2	0	0	0	2
d = 3	1	1	0	0	0	0	0	2
d = 4	0	1	0	0	0	0	0	1
d > 5	3	4	2	5	2	3	3	22
Total	4	7	8	8	3	3	4	37

La distance définie dans ce paragraphe est la suivante : si N est le cardinal de la grille et N' le nombre proposé par l'élève

$$d(N, N') = |N - N'|$$

Sur 37 erreurs, 22 sont distantes de la réponse d'une distance supérieure ou égale à 5, cela provient de la difficulté de lecture à l'écran, et donc de la difficulté de dénombrer un à un (ou de calculer mentalement dans le cas de dénombrement additif). Notons qu'un élève a abandonné à la 3ème grille et par la suite a fourni des réponses (E.N.) provenant d'une rapide évaluation visuelle du nombre d'éléments de la grille.

d) erreurs portant sur l'utilisation des commandes du logiciel

Nous avons relevé, pour l'ensemble du cycle et pour l'ensemble des élèves, 13 erreurs portant sur une mauvaise utilisation des commandes. Parmi celles-ci, 7 portent sur les commandes Z (les élèves proposant une commande ne correspondant pas à ce type), 4 erreurs concernent les commandes I (les élèves n'appuient pas sur la barre d'espacement pour faire afficher le reste de la ligne ou de la colonne mais appuient sur L ou C), 1 erreur porte sur la réponse (appuie sur la touche entrée avant de donner la réponse) et 1 erreur porte sur

les commandes Y (appui sur L au lieu de A,P ou M).

Le faible nombre d'erreurs enregistré est dû à l'utilisation d'affiches murales rappelant la signification des commandes, et à la phase d'apprentissage.

Cela ne prouve toutefois pas, une parfaite maîtrise, de la part des élèves, de ces commandes. Cela montre tout de même, une réelle capacité de leur part à utiliser de façon plus ou moins pensée, un système relativement complexe d'ordres à fournir à un ordinateur.

3°) Conclusions

L'analyse des résultats, faite ci-dessus, prouve que les élèves utilisant des écritures multiplicatives, le font très souvent avec succès. Elle prouve d'autre part que cette expérience n'élimine pas les erreurs de dénombrement mais que le facteur temps les renforce, en partie. Signalons toutefois que nous n'avons jamais rencontré d'élèves (utilisant un dénombrement DM) omettant de compter deux fois le "carré du coin" dans le dénombrement de la 1ère ligne et de la 1ère colonne, alors que cette erreur est fréquemment rencontrée quand on utilise du papier comme matériel (au lieu d'un écran).

Enfin il semble, qu'après la phase d'apprentissage des commandes, les élèves soient capables, sinon de maîtriser, du moins d'utiliser un système complexe d'ordres à donner à un ordinateur.

4°) Résultats de l'entretien

L'entretien ayant suivi la passation de EXP, avec les élèves ayant utilisé des dénombrements de type DM ou DAM et des écritures multiplicatives, nous apporte les indications suivantes :

Sur les 6 élèves, 5 connaissaient, précédemment, par des "voies extra-scolaires" la multiplication, un seul l'a utilisé sans en avoir pris connaissance préalablement (Florent), signalons toutefois qu'il n'a fait que recopier l'exemple de Thomas, passant sur l'autre ordinateur (et cela seulement à la grille n°4).

Pour les autres : 2 élèves (Jean-Pierre et Jamilia) ont appris la multiplication dans une autre classe (ils viennent d'une autre école), 3 élèves (Ségolène, Aurore et Thomas) l'ont appris avec leurs parents ou frères et soeurs.

5°) comparaison des résultats de RECT C et RECT D

- Il n'y a pas de différences significatives entre les élèves confrontés aux logiciels RECT C et RECT D. Notamment les élèves adoptant des dénombrements de types DM ou DAM se répartissent également entre les deux .

Conclusion de l'analyse des
résultats de la phase n°2

1°) conclusion portant sur l'hypothèse 1 :

- Tous les élèves connaissant les écritures multiplicatives (5 sur 24) ont effectivement utilisé un dénombrement de type multiplicatif, et parallèlement des écritures multiplicatives pour déterminer et désigner le nombre d'objets des grilles.

- Le temps semble avoir été un facteur déterminant pour l'obtention de ce résultat, cependant le fait que dès la 3ème grille, cette stratégie soit adoptée par les élèves en ayant les moyens cognitifs, laisserait penser que le nombre important de grilles n'intervient pas, dans cette production. Ceci est renforcé par le fait qu'aucun autre élève n'emploie ce type de dénombrement dans la suite du cycle.

- Les résultats de la phase d'institutionnalisation et du post-test montrent que l'hypothèse 1, compte tenu de la restriction faite ci-dessus, est vérifiée (il n'est pas possible d'infirmar ou de confirmer à ce stade le deuxième facteur de cette hypothèse).

2°) conclusion portant sur l'hypothèse 2 : L'hypothèse 2 ne semble pas
recueillir une validation aussi nette.

- Le dénombrement un par un, s'il est moins utilisé dans les dernières grilles du cycle, n'est pas abandonné par les élèves. De plus la difficulté de conduire à terme un dénombrement du type additif (autre que de dix en dix pour G6 et G7) a tendance à les faire regresser au premier type de dénombrement.

- Aucun élève, ne connaissant préalablement la multiplication, n'adopte lors de l'expérience un dénombrement consistant à dénombrer une ligne et une colonne et à en déduire par addition (et a fortiori par multiplication) le nombre d'objets de la grille).

- Toutefois l'efficacité de ce type de dénombrement est largement reconnu lors de la phase d'institutionnalisation, et réinvesti lors du post-test. La même constatation les conduit à adopter dans les 2 cas, une écriture multiplicative.

3°) conclusion portant sur l'hypothèse 3 : L'hypothèse 3 n'est pas confirmée.

- La seule stratégie globale adoptée par les élèves, ne connaissant pas la multiplication, consiste à utiliser les commandes A et M pour retarder l'affichage et leur permettre de dénombrer un par un. Les élèves connaissant la multiplication ne se préoccupent que peu du type d'affichage et surtout n'utilisent pas d'une façon très privilégiée la commande M. Le fait d'être assuré de pouvoir fournir une réponse les amène à ne pas chercher un mode économique d'affichage (autre que ceux fournis par P et surtout T).

- Le peu de changements ligne-colonne prouve que le dernier aspect de l'hypothèse 3 n'est pas validé.

Analyse des résultats

du post-test

1°) types de dénombrement utilisés par les élèves

Le tableau n°1 présente pour chaque grille le nombre d'élèves adoptant chaque type de dénombrement (la classification de ces types est la même que pour EXP).

Tableau n°1

GRILLE Dénom- brement	1	2	3	4	5	Total
D1	4	3	2	2	1	12
DA1	2	2	1	1	0	6
DA	2	2	4	2	2	12
D10	0	1	0	0	0	1
DAM	0	0	0	0	1	1
DM	15	16	16	17	17	81
Total	23	24	23	22	21	113

- 73 % des élèves utilisent sur l'ensemble du cycle (113 cas) des dénombrements de type multiplicatif (DM ou DAM), contre 20 % à EXP. Il y a une légère tendance à utiliser davantage ce type de dénombrement sur la fin du cycle (65 % à la grille 1 contre 81 % à la grille 5).

- Il y a peu de dénombrement additif (17 % contre 29 % à EXP), notons que la suppression d'un facteur 10 dans les dimensions des grilles supprime le recours à D10.

- Il y a également très peu de dénombrement D1 (11 % contre 51 % à EXP). De plus le nombre d'élèves recourant à D1 diminue avec le cycle des 5 grilles (4 à la grille 1, 1 à la grille 5).

- Nous voyons que les élèves réinvestissent dans le post-test l'apprentissage fait en EXP et lors de la phase n°3. (6 élèves sur 24 n'utilisent pas, pour toutes les grilles, de dénombrement de type DM).

2°) Analyse des réponses des élèves

a) répartition des réponses

Le tableau n°2 donne pour chaque grille, le nombre d'élèves fournissant une réponse, le nombre d'élèves fournissant une réponse juste.

Tableau n°2

GRILLES REPONSES	1	2	3	4	5	Total
Réponses données	13	17	16	18	17	81
Réponses non données	11	7	8	6	7	39
Réponses justes	9	14	11	15	9	58

- Globalement 68 % des élèves fournissent une réponse et 48 % une réponse juste (soit 72 % des réponses). Il y a donc un plus fort taux de réponse (68 % contre 52 %) et de plus une très nette augmentation de la justesse des réponses (72 % contre 51 %) par rapport à EXP.

- Le taux plus faible de réponses données à la grille n°1 peut s'analyser par le fait que cette grille constitue une reprise de contact avec le problème (une semaine s'étant écoulée depuis EXP). La grille n°5 d'autre part enregistre un taux plus faible de réponses justes, cela provient des dimensions plus grandes de cette grille.

b) écritures proposées par les élèves

Le tableau n°3 donne, par grille, le nombre d'élèves utilisant, pour répondre des écritures multiplicatives (E.M.), additive (E.A.) ou sous forme d'un nombre unique (E.N.).

Tableau n°3

GRILLES TYPE ECRIURE	1	2	3	4	5	Total
réponse-écriture multiplicative	13	16	15	17	15	76
écriture additive	0	0	0	0	1	1
réponse donnée sous la forme d'un nombre seul	0	1	1	1	1	4
Total des réponses données	13	17	16	18	17	81

Nous voyons que les écritures multiplicatives sont largement majoritaires (76 sur 81), les autres formes d'écriture sont en très nette diminution par rapport à EXP (5/81). Un seul élève a tenté de proposer une écriture de type additif à la 5ème grille, il n'a pas eu le temps de finir de répondre. Seuls 5 cas sur 81 de dénombrement DM ne permettent pas à l'élève de fournir une réponse, ce type de dénombrement s'avère donc, ici, particulièrement efficace.

c) analyse des erreurs

Notons tout d'abord que toutes les réponses données par une écriture non multiplicative sont fausses.

Nous allons noter d'autre part que seul les dénombrements de type DM permettent aux élèves de fournir une réponse (juste ou fausse).

Si nous analysons maintenant la distance au résultat des réponses erronées (voir page 85) pour la définition de cette distance.

, le tableau n°4 montre que cette distance est au plus (dans le cas de réponses "multiplicatives" complètes, égale à deux. Il semble donc que les erreurs de dénombrement sont de plus "faible amplitude" que pour EXP.

Tableau n°4

GRILLES DISTANCE	1	2	3	4	5	Total
d = 1	1	2	3	2	3	11
d = 2	1	0	0	0	0	1
réponse incomplète	2	0	1	0	3	6
TOTAL	4	2	4	2	6	18

Conclusion du post-test

- Les hypothèses 1 et 2 sont vérifiées,

- On peut spécifier que les réponses données sont plus nombreuses, toutefois la comparaison est mal aisée : les grilles et le cycle étant différents. Les erreurs dues au dénombrement sont moins nombreuses.

- Finalement les hypothèses faites pour le post-test sont dans l'ensemble vérifiées.

L'entretien (très rapide) avec chaque élève apporte les précisions suivantes :

- une majorité d'élèves pense qu'une écriture multiplicative est une façon de désigner un nombre mais qu'elle ne permet pas de le "connaître". Pour cela, il faut faire l'opération.

- De même, ils ne pensent pas, dans une large proportion, que la validation de leur réponse soit nécessaire. Si celle-ci devait être faite, elle le serait soit par le maître, soit par l'ordinateur (et en faisant l'opération !).

IV Conclusions portant sur la situation n°1

* La succession des 4 phases de l'expérience permet effectivement d'introduire les écritures multiplicatives. (le sens de celles-ci n'étant toutefois traité qu'à la phase 3 et sans apport de l'outil ordinateur). Les élèves réinvestissent les enseignements tirés de leur confrontation à la situation sur ordinateur (comme le prouve la phase 3), et les connaissances construites à la phase 3 (lors du post-test). Toutefois, il nous semble que le temps passé sur les phases 1 et 2 est beaucoup trop important, surtout que des résultats analogues peuvent être obtenus à l'aide de matériaux plus usuels.

Notons qu'il est possible de réduire ce coût par une utilisation collective (ou par petit groupe d'élèves) des logiciels. Cela conduira de toute façon le maître à se heurter à des problèmes matériels (nombre d'ordinateurs, nombre restreint d'élèves dans chaque groupe, maîtrise de ce travail collectif, mise en commun des expériences et des résultats des différents groupes).

* Le temps limité de réponse semble être un facteur efficace pour la production d'écritures multiplicatives (son effet jouant lors de la confrontation avec la machine et a posteriori lors de la phase d'institutionnalisation). Toutefois, il peut provoquer des régressions (cf. résultat de la phase 2) ou parfois empêcher l'élève de terminer son calcul et de produire une réponse (cf. résultats du post-test).

* Il est difficile de conclure sur les effets de la possibilité pour un ordinateur de fournir un nombre important d'exemplaires d'un même problème, en effet cet aspect n'intervenant dans notre expérience que dans un sens limité (sous l'aspect de cycle de grilles). Ce facteur semble jouer toutefois de façon positive. Il serait souhaitable (sans pour cela tomber dans une déformation de type E.A.O.) de prévoir un logiciel permettant à l'élève, de revenir sur une grille de dimensions semblables à celle qui a provoqué un échec.

* L'analyse des résultats des phases 1 et 2 prouve que les élèves sont susceptibles, sinon de maîtriser, du moins d'utiliser un système relativement complexe d'instructions à donner à un ordinateur. Il nous semble toutefois nécessaire d'utiliser un vocabulaire moins abstrait pour nommer ses instructions (remplacer les termes commandes X, Y, Z, I par 1er, 2ème, 3ème choix, par exemple). De même, il nous semble nécessaire de réduire la complexité du système d'instruction (en réduisant le nombre de ces dernières, par exemple).

* Le nombre peu élevé d'abandons, l'utilisation des commandes A et M pour ralentir la machine, semble prouver que l'on peut facilement, dans une situation d'apprentissage, s'appuyer sur la volonté, plus ou moins consciente, des élèves de gagner dans une compétition contre la machine.

* Il nous semble d'autre part, nécessaire d'exploiter davantage le graphisme et la possibilité d'action (de la part de l'élève) sur celui-ci (cf. situation n°2).

* Enfin, lors de cette expérience, l'ordinateur nous a permis de déceler, de cerner plus efficacement les données que l'élève, en situation d'apprentissage, jugeait pertinentes pour résoudre un problème (utilisation des commandes A et M pour ralentir la machine).

* Relevons pour terminer un défaut (non pas du matériel informatique) mais du logiciel testé : celui-ci ne permet pas de valider (par une image), les réponses des élèves. Ce défaut sera (pour une part importante) corrigé dans la situation n°2.

CHAPITRE III : UNE DEUXIÈME
SITUATION

I - PRESENTATION DE LA SITUATION N°2

Cette situation comme la précédente s'inspire d'une situation proposée par le E.R.M.E.L. lors de l'introduction des écritures multiplicatives au cours élémentaire 1ère année.

A ANALYSE D'UNE SITUATION ANALOGUE N'UTILISANT PAS D'ORDINATEUR

1°) Présentation de la situation proposée par le E.R.M.E.L.

L'ouvrage propose de traiter cette activité immédiatement après la situation correspondant à la situation n°1.

Voici la présentation de l'activité proposée par le E.R.M.E.L. (page 120).

1.2. Rectangles de points et caches

But

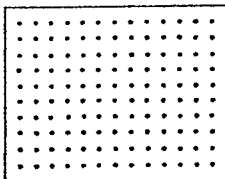
Faire prendre conscience aux élèves que le nombre de points disposés en rectangle dans un tableau est déterminé par le nombre de lignes et de colonnes du tableau.

Déroulement

Les enfants sont répartis en équipes. Chaque équipe dispose :

- d'une feuille de points disposés en rectangle (feuille a),*
- d'une partie d'une autre feuille de points, mais dont les points sont plus serrés.*

Cette partie est collée sur une feuille blanche (feuille b).



Feuille a

2°) Remarques portant sur cette activité

Notons tout d'abord que cette activité constitue un réinvestissement des connaissances acquises lors de la précédente activité.

Nous sommes amenés à faire un certain nombre de remarques sur cette activité.

- remarque n°1 : Les auteurs ont volontairement proposé des grilles a et b de tailles différentes afin d'amener les élèves à ne considérer que le nombre d'éléments d'une ligne et d'une colonne, cela peut toutefois introduire une difficulté supplémentaire liée à la proportionnalité. De plus, cela rend difficile la validation (du point de vue spatial) des réponses des élèves.

Notons que les institutrices de l'Ecole d'application de la rue E. Coton ont supprimé cette difficulté en utilisant des caches masquant une partie de la grille (l'élève doit fournir une écriture du nombre d'éléments de la grille).

- remarque n°2 : Les élèves ne peuvent compléter les grilles b qu'avec l'aide d'un crayon, cela introduit souvent des difficultés manipulatoires : ils n'arrivent pas à reconstituer parfaitement la grille initiale car les croix dessinées ne sont pas alignées. Notons que ce problème pourrait être résolu par un système de caches à enlever, toutefois cela demanderait un énorme travail de préparation du matériel. De plus il est difficile, dans ce cas, de contrôler le cheminement suivi par l'élève, de comprendre les raisons de ses choix.

- remarque n°3 : Il n'est pas possible de proposer immédiatement une grille correspondant à la réponse juste, du fait des différences de tailles des grilles.

- remarque n°4 : La situation ne propose qu'un type de grille par équipe, la réflexion sur les autres types de grille ne se faisant que lors de la mise en commun des travaux des élèves. Or les stratégies de résolution ne sont pas forcément identiques du fait que la tâche à effectuer n'est pas la même.

Les remarques nous ont conduit à envisager de reprendre une situation analogue mais améliorée avec un ordinateur.

3°) apports de l'ordinateur à la situation proposée

Nous avons donc décidé de construire une situation analogue, utilisant un logiciel et remédiant aux défauts explicités ci-dessus.

. Nous ne considérons pas que le fait de proposer des grilles a et b de tailles distinctes soit un élément décisif pour amener les élèves à ne prendre en compte que les "dimensions" de la collection pour en déterminer le cardinal. Compte tenu des difficultés supplémentaires que cela peut introduire, nous avons abandonné cette idée.

La fiabilité du support graphique du TO 7 doit pouvoir remédier au défaut signalé dans la remarque n°2. L'ordinateur peut permettre un tri conscient des informations nécessaires pour répondre à la question et ceci par "une disparition progressive" et contrôlée du cache masquant les croix de la grille (contrôlée par l'élève et par l'observateur). L'élève s'il désire faire apparaître davantage de croix, peut le faire en appuyant sur une touche, et ceci sans risques d'erreurs graphiques (voir le §.B.1 b/).

Un jeu de concurrence organisé entre l'ordinateur et l'élève doit pouvoir motiver ce dernier et permettre une mobilisation de connaissances, de savoir-faire aptes à lui permettre de résoudre le problème posé.

D'autre part, pour chaque réponse erronée de l'élève, moyennant une analyse de réponse, la machine peut afficher immédiatement une grille correspondant à cette proposition et par là-même apporter un élément de correction.

Enfin il est possible de proposer un nombre important de grilles différentes à un même élève et ceci à moindre frais, et ainsi de lui faire percevoir le problème sous de multiples angles, de lui faire découvrir et mettre en oeuvre différentes procédures de résolution.

Les différentes améliorations sont explicitées davantage dans le paragraphe suivant .

B PRESENTATION DE LA SITUATION N°2

1°) Présentation du logiciel

a) listing

voir annexe III.2 (voir page 105)

b) description du logiciel

* Affichage d'une grille : Le logiciel propose 7 grilles différentes à chaque élève, la description de ces grilles est faite ci-dessous, chaque grille s'affiche dans un cadre mauve, seule une partie des croix de la grille s'affiche en rouge, le reste n'apparaissant pas.

* L'élève a alors le choix entre deux solutions : - il peut appuyer sur la touche E (du clavier) pour faire apparaître davantage de croix de la grille. Les croix s'affichant alors, dans la même couleur rouge sont les croix situées immédiatement à côté de celles déjà affichées.

- il peut décider de répondre en appuyant sur la touche R du clavier, puis en écrivant sa réponse (il doit terminer en appuyant sur la touche entrée).

Si l'élève appuie sur une autre touche (différente de E et R) un message d'erreur s'affiche à l'écran).

```

x x x x x x x x x x x x x x x x
x           x x x x x           x
x           x x x x x           x
x           x           x x
x           x           x x
x           x           x x
x           x x x x           x x x
x           x x x x           x x x
x           x x x x           x x x
x           x x x x           x x x
x           x x x x           x
x           x           x
x x x x x x x x x x x x x x x x

```

grille initiale

```

x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x
x x           x x x x x x x x x
x x           x x x x x x x x x
x x           x x x           x x x
x x           x x x           x x x
x x           x x x x x           x x x x
x x           x x x x x           x x x x
x x           x x x x x           x x x x
x x           x x x x x           x x x x
x x           x x x x x           x x x x
x x           x x x x x           x x
x x           x x           x x
x x x x x x x x x x x x x x x x
x x x x x x x x x x x x x x x x

```

état de la grille, après avoir appuyer
une fois sur la touche E .

* Jeu avec l'ordinateur : pour chaque grille, l'élève est crédité d'un score égal à 10, à chaque appui sur la touche E , le score est diminué d'un point, si la réponse donnée est fausse, le score est annulé. Le score est affiché en haut et à droite de l'écran. Pour chaque grille, existe un score de l'ordinateur correspondant à un état de la grille où les croix affichées permettent de déterminer (sans évaluation de visu) le nombre d'objets d'une ligne et d'une colonne.

Dans la suite de cet exposé, nous considérerons qu'un élève évalue de visu le nombre d'objets d'une ligne, d'une colonne ou de la grille toute entière quand il détermine ce nombre par le procédé suivant :

- il mesure de visu l'espace occupé par une croix,
- il mesure de visu (éventuellement en se servant de ses doigts) l'espace "occupé" par un trou (ce trou pouvant être limité à une seule ligne (ou colonne) ou à la grille toute entière),
- il évalue le nombre de croix qu'il peut inscrire dans ce trou en tenant compte des mesurages effectués précédemment,
- il détermine ainsi le nombre désiré en ajoutant le nombre de croix affichées et celui des croix "cachées".

Il est clair que les élèves ne suivent pas toujours automatiquement ce schéma, toutefois les observations que nous avons faites montrent que les stratégies adoptées s'en rapprochent (les différentes étapes décrites ci-dessous pouvant être réalisées simultanément, certaines pouvant être omises).

* Le logiciel prévoit une double correction de la réponse fournie par l'élève portant

- l'une sur le score de l'ordinateur (une grille s'affiche en deux couleurs, rouge pour les croix affichées initialement lors de la première présentation de la grille, violet pour les croix cachées initialement).

```

x x x x x x x x x x x x x x x x x
x . . . . . x x x x . . . . x
x . . . . . x x x x . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x x . . . . . . . . . . . . . x
x x . . . . . . . . . . . . . x
x x . . . . . . . . . . . . . x
x x . . . . . . . . . . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x . . . . . . . . . . . . . x
x x x x x x x x x x x x x x x x x

```

LA GRILLE A 18x15 CROIX
LE SCORE DE L'ORDINATEUR EST : 10

NB : x désigne les croix s'affichant en rouge
. désigne les croix s'affichant en violet

(à l'écran l'affichage ne diffère que par la couleur)/

- l'autre portant sur la réponse de l'élève : une grille correspondant à sa réponse s'affiche en couleur bleue, en surimpression sur la grille initiale.

* La réponse de l'enfant doit être donnée sous la forme d'une écriture multiplicative comportant deux nombres et un signe X (toutefois si l'enfant fournit une réponse ne comportant qu'un seul nombre N, elle est traitée comme $N \times 1$), dans les autres cas un message d'erreur est affiché et reprécise la consigne.

c) description du cycle de 7 grilles

Les sept grilles correspondent à sept types différents.

1er type : grille de dimensions : 18, 15 ; le "tour" de la grille est entièrement affiché, l'élève peut répondre directement sans appuyer sur E.

```

x x x x x x x x x x x x x x x x x
x      x x x x      .      x
x
x
x
x
x x
x x
x x
x x
x
x
x
x
x      x x x x      x
x      x x x x      x
x x x x x x x x x x x x x x x x x

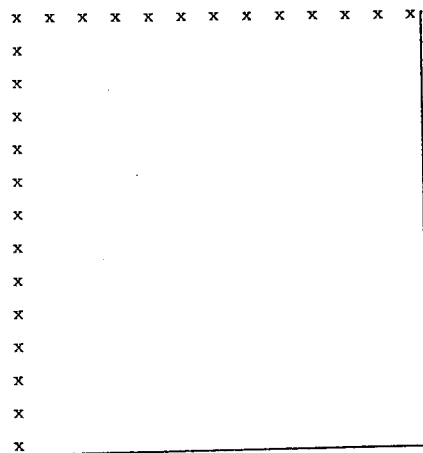
```

GRILLE N° 1

18 x 15

SCORE DE L'ORDINATEUR : 10

2ème type : grille de dimensions : 13, 14 ; une ligne et une colonne sont entièrement affichées, l'élève peut répondre du premier coup.

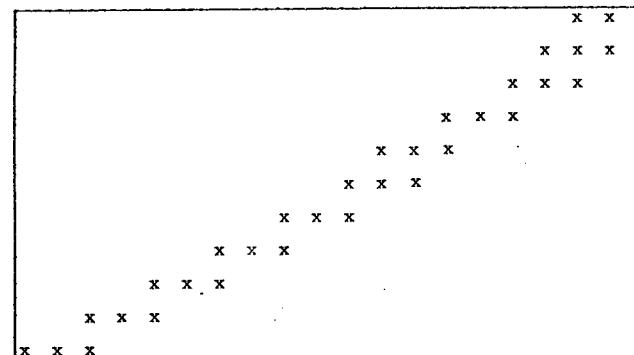


GRILLE N° 2

13 x 14

SCORE DE L'ORDINATEUR : 10

3ème type : grille de dimensions : 21, 11 : une "diagonale" de la grille est affichée entièrement, l'élève peut répondre du premier coup (en dénombrant par référence aux éléments de la "diagonale" le nombre d'éléments d'une ligne et d'une colonne).



GRILLE N° 3

21 x 11

SCORE DE L'ORDINATEUR : 10

4ème type : grille de dimensions : 16, 17 ; pas de ligne, ni de colonne
entièrement affichées, toutefois l'élève peut répondre du premier coup en
additionnant le nombre de croix de deux lignes d'affichage et de deux
colonnes :

x x x x x x x x x x	x x x
x x x x x x x x	x x x
x x x x x x x	x x x
	x
	x
	x
	x
	x
	x
x x x	
x	
x	
x	
x x x	
x x x	
x	
x	x x x x
x	x x x x
x	x x x x x x x x
x	x x x x x x x x

GRILLE N° 4

16 x 17

SCORE DE L'ORDINATEUR : 10

5ème type : grille de dimensions : 13, 11 ; l'élève ne peut compter, sans
évaluation de visu.

x x x x x x	x x	x
x		x
x		x
x		x
x		x
		x
		x
		x
		x
		x
		x
		x
		x
x		x
x x x x x x	x x x x x	

GRILLE N° 5

13 x 11

SCORE DE L'ORDINATEUR : 9

6ème type : grille de dimensions : 15, 15; l'élève doit appuyer deux fois sur E pour avoir une ligne (et une seule) et une colonne (et une seule) complète à ce stade la grille 6 et du type 2.

[illegible]

G R I L L E N ° 6

$$15 \times 15$$

SCORE DE L'ORDINATEUR : 8

7ème type : grille de dimensions : 17, 13 ; la grille est incomplète, l'élève doit appuyer 4 fois sur la touche E , pour déterminer le nombre d'éléments d'une ligne et d'une colonne. L'ordinateur est crédité d'un score égal à 6. A ce stade la grille 7 et du type 3.

```

      x   x   x   x
      x   x   x   x
      x   x   x   x

x       x       x
x       x       x
x       x       x

x   x   x   x   x   x
x   x   x   x   x   x
x   x   x   x   x   x

```

G R I L L E N ° 7

$$17 \times 13$$

SCORE DE L'ORDINATEUR : 6

Ce cycle a été construit afin de présenter à l'élève un maximum de cas différents et de difficulté croissante.

d) consigne donnée aux élèves

* La consigne est la suivante : " - une grille va s'afficher à l'écran, une partie des croix est cachée par une tache, tu dois donner le nombre de croix de la grille complète, pour cela tu dois écrire ce nombre sous la forme d'une écriture multiplicative.

- Tu peux faire apparaître plus de croix, effacer un peu la tache, en appuyant sur la touche E .

- Si tu veux donner la réponse, appuie sur la touche R .

- Tu joues contre l'ordinateur, pour chaque grille, tu as un score de 10 points, à chaque fois que tu appuies sur la touche E , tu perds 1 point, si tu donnes une réponse fausse, ton score est 0.

- Ce n'est pas toujours possible de répondre du premier coup, il faut parfois appuyer sur la touche E .

- Pour chaque grille, l'ordinateur t'indiquera, lors de la correction, son score à lui et le nombre de croix de la grille. Si tu t'es trompé, il tracera en bleu une grille correspondant à ta réponse".

* Pour aider à la compréhension de cette consigne les observateurs disposaient d'un exemplaire dessiné d'une grille avec cache (cf.annexe III.1) et le rôle des touches E et R était rappelé à l'aide de petites affiches (cf.annexe III.3).

2°) analyse de la tâche de l'élève

a) La tâche est différente suivant les grilles, toutefois dans tous les cas l'élève doit prendre conscience qu'une grille est entièrement déterminée par le nombre d'éléments d'une ligne et d'une colonne.

Pour obtenir ces données, il doit : - soit dénombrer directement les éléments d'une ligne et d'une colonne (grille 1 et 2)

- soit dénombrer, "paquet par paquet" (et additionner mentalement ces résultats intermédiaires), les éléments d'une ligne et d'une colonne (grilles suivantes). Il doit ensuite désigner, par une écriture multiplicative intégrant ces deux nombres, le nombre d'objets de la grille.

Pour procéder à ce dénombrement l'élève a à sa disposition le marquage de chaque élément (ou de chaque sous collection) et le repérage de cet élément

par rapport à la comptine (dénombrement de type D1 ou DA).

De plus il doit explorer la grille proposée, décider s'il a assez d'informations (croix affichées) pour donner sa réponse, sinon il doit faire apparaître d'autres croix en appuyant sur E .

Pour éviter des erreurs, il doit s'apercevoir qu'il est dangereux d'évaluer de visu le nombre de croix manuscrites dans une ligne ou dans une colonne.

La nécessité de fournir une écriture multiplicative rend impossible, ou du moins très difficile, un dénombrement un par un de tous les éléments de la grille. Le "cache" renforce cette difficulté.

b) Le cycle des 7 grilles peut donc se décomposer en deux cycles correspondant à deux problèmes différents.

- un premier cycle constitué des grilles 1, 2, 3 et 4, le but est de mesurer le degré de réinvestissement des connaissances acquises sur les écritures multiplicatives et sur la définition d'une grille de points. Pour ces 4 grilles, l'enfant n'a pas forcément à utiliser la touche E . Cette utilisation n'est conçue que comme une aide supplémentaire, pour sa propre exploration des grilles.

- un second cycle constitué par les grilles 5, 6 et 7, ici outre le but assigné aux premières grilles, l'élève doit de plus, trier les informations qui sont à sa disposition sur la grille présentée à l'écran, il doit décider et demander à l'ordinateur des informations supplémentaires pour pouvoir répondre à la question posée, sans risque (c'est-à-dire sans évaluer de visu le nombre des croix non affichées dans une ligne et/ou une colonne).

3°) hypothèses testées

a) hypothèses relatives à l'acquisition de la notion mathématique

hypothèse n°1 : la régularité, la fiabilité du graphisme du TO 7, la possibilité de faire afficher "au bon endroit", de nouvelles croix doit permettre d'éliminer les difficultés manipulatoires rencontrées par les enfants avec un autre matériel.

hypothèse n°2 : la correction immédiate des réponses proposées par les élèves, par affichage d'une grille correspondant à celles-ci, doit aider à la compréhension du problème, aider à cerner les difficultés rencontrées et par là-même aider à les surmonter.

hypothèse n°3 : la possibilité offerte par la touche E de faire apparaître plus de croix doit permettre aux élèves de trier les informations nécessaires pour répondre à la question posée, le jeu contre l'ordinateur (se traduisant matériellement par un score) doit les contraindre à ne pas trop demander d'informations, mais toutefois assez pour répondre correctement.

hypothèse n°4 : le nombre important d'exemplaires de problèmes similaires doit permettre aux élèves d'améliorer leur stratégie, que ce soit dans un sous-cycle ou dans l'ensemble du cycle de 7 grilles.

b) hypothèses relatives aux modifications de comportements d'élèves

Comme lors de la situation n°1, la situation n°2 permet aux observateurs de mieux trier les informations, les données que l'élève juge pertinentes pour répondre à un problème donné. Ici l'emploi de la touche E permettra dans une large mesure de faire ce tri.

De plus nous pourrons dans une certaine mesure, tester la transformation des rapports maître-élèves par l'introduction d'un ordinateur, et cela sur les points suivants :

- (i) dans quelle part, le jeu contre l'ordinateur permettra aux élèves un progrès, dans le tri des informations, dans la justesse des réponses;
- (ii) dans quelle part, l'élève tiendra-t-il compte des éléments de correction apportés par le logiciel (et éventuellement par les observateurs).

c) les élèves ayant déjà "manipuler" des grilles lors de la passation de la situation n°1, doivent obtenir de meilleurs résultats, que des élèves n'ayant travaillé sur ces grilles qu'avec un matériel usuel (papier - crayon - cache).

C CONDITIONS EXPERIMENTALES

Deux classes différentes sont testées :

- une classe ayant passé la situation n°1 : la classe de M. Boyer (CE 2 de l'Ecole Annexe de l'Ecole Normale des Batignolles).

- une classe n'ayant travaillé la situation n°1 qu'avec un matériel usuel : la classe de CE 1 de Madame Goutard de l'Ecole d'application située impasse E. Coton dans le 20ème à Paris.

Dans les deux cas la passation est individuelle.

Pour la 1ère classe, les observateurs étaient au nombre de 3 (3 P.E.N. : D. Butlen, Danièle Lachaussée et Claire Lethielleux, une maître-assistante de l'IREM de Paris-Sud : Jacqueline Mac Aleese).

Pour la 2ème classe, les observateurs étaient également 3 : Denis Butlen, Jacqueline Mac Aleese et la maîtresse Madame Goutard.

La 1ère classe a été testée fin mai (3 séances). Nous disposions de deux TO 7 (de l'Ecole Normale).

La 2ème classe a été testée les samedi 24/3/84, mardi 27/3/84 et vendredi 30/3/84, nous ne disposions que d'un seul TO 7.

Notons que la comparaison des résultats entre les deux classes ne sera pas toujours possible, compte tenu des conditions de passation de l'expérience. La classe de Madame Goutard (CE 1) a passé l'expérience immédiatement après l'équivalent de la situation n°1 (sans ordinateur), la classe de M. Boyer (CE 2) a passé cette épreuve en fin d'apprentissage de la multiplication, sans avoir toutefois pratiqué ce genre d'exercice dans d'autres conditions

17 élèves de CE 1 ont été testés et 23 élèves de CE 2.

II) ANALYSE DES RÉSULTATS
DE LA SITUATION N°2

Pour conduire cette analyse nous adopterons le plan suivant

- analyse des résultats de la classe de CE 2
- analyse des résultats de la classe de CE 1
- comparaison des deux classes
- conclusion portant sur la validation des hypothèses testées lors de cette situation.

Dans chaque analyse de résultats, nous étudierons :

- les réponses numériques des élèves
- les stratégies adaptées et leur évolution
- l'influence de l'introduction d'un ordinateur dans les relations enseignant-enseigné-savoir.

A ANALYSE DES RESULTATS DE LA CLASSE DE CE 2 (M. BOYER)

1°) Analyse des réponses des élèves

a) analyse des types d'écritures fournies par les élèves

Sur 160 cas, un seul élève ne fournit pas de réponse à la grille G 1 et un autre élève donne une réponse à cette grille du type E.N.. Dans tous les autres cas (160 réponses), les réponses sont du type E.M.. Cela prouve un bon respect de la consigne.

b) Répartition des réponses justes ou fausses par grille

Tableau n°1 : (nous appellerons cycle a) et cycle b) respectivement les cycles constitués des grilles 1.2.3.4 et 5.6.7)

grilles nombre de réponses	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL		
								a)	b)	total
nombre de réponses justes	13	18	9	10	13	8	13	50	34	84
nombre de réponses fausses	9	5	14	13	9	15	10	41	34	75
Total (nombre d'élèves)	23	23	23	23	22	23	23	92	68	160

- un élève n'a pas fourni de réponse à la grille 1, un élève n'a pas pu fournir de réponse à la grille 5 du fait d'une "faiblesse mécanique" de l'ordinateur.

α) analyse des résultats du cycle a)

Sur l'ensemble des 4 grilles, il y a 54 % de réponses justes, ces réponses ne se répartissent pas également entre les 4 grilles, nous constatons un bon score en G 2 (grille 2) : 78 % de réponses justes, un score plus faible en G 4 (43 %) et surtout G3 (39 %).

Cela peut s'expliquer par plusieurs raisons :

- la grille G 1 est moins réussie que la grille G 2 car c'est une prise de contact avec le problème (certains élèves ne comprennent pas la tâche à remplir) et cela demande un tri des informations : les élèves disposent de 2 lignes et deux colonnes complètes),

- le problème est plus difficile à résoudre en G3 et G4 car les erreurs de dénombrement sont plus plausibles.

β) analyse du cycle b)

Globalement le cycle b) est réussi dans 50 % des cas, les grilles 5 et 7 sont mieux réussies que la grille 6, cela peut s'expliquer par le fait que les faibles dimensions de cette grille, conduisent les élèves à évaluer de visu avec plus d'assurance (et plus d'erreurs !) le nombre de croix non affichées dans une ligne et/ou une colonne. L'échec enregistré à la grille 6 et la nécessité, ressentie par les élèves d'utiliser la touche E, à la grille 7 semblent avoir un effet positif sur les résultats enregistrés à cette dernière grille.

γ) il est difficile de conclure sur l'influence de la répétition de problèmes semblables à cette étape, il semble toutefois que l'échec enregistré aux grilles 3 et 4, rende plus prudents les élèves par la suite.

c) Distance au résultat

Nous utiliserons ici la distance déjà utilisée lors de l'analyse du post-test de la situation N°1 (sup des distances de chaque dimension aux dimensions "exactes" de la grille).

Tableau n°2

Grilles sup des distances	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL		
								a)	b)	total
d = 1	2	3	2	6	5	12	2	13	19	32
d = 2	1	1	1	2	2	/	2	5	4	9
d = 3	/	1	2	3	/	1	1	6	2	8
d = 4	1	/	/	1	1	2	3	2	6	8
d = 5	/	/	/	/	/	/	1	/	1	1
d > 6	5	/	9	1	1	/	2	15	3	18
réponses incomplètes	1	/	/	/	/	/	/	1	/	1
TOTAL	10	5	14	13	9	15	11	42	35	77

α) cycle a : Les erreurs de forte amplitude ($d \geq 6$) se rencontrent uniquement pour les grilles 1 et 3. Ces erreurs sont essentiellement dues (comme nous le verrons ci-après) à une incompréhension du problème posé en grille 1, et dans une faible mesure en G 3 ; pour cette dernière grille, il faut ajouter d'autres éléments (persistance d'un facteur dimensionnel, erreur de dénombrement). Nous constatons que les erreurs portant sur les grilles 1 et 4 sont de plus faible amplitude, elles sont dues à des erreurs de comptage.

Notons que le réinvestissement des techniques de dénombrement multiplicatif (DM) n'est pas immédiat lorsque les informations sont plus difficiles à comprendre (grilles 3 et 4).

Constatons globalement que les erreurs sont majoritairement des erreurs de comptage, sur l'ensemble du cycle a), que les erreurs portant sur la compréhension de la tâche à remplir se manifestent surtout en G 1.

β) cycle b : les erreurs portant sur les grilles 5-6-7 sont des erreurs de comptage (3 erreurs d'amplitude supérieure à 6) et sont de plus faibles amplitudes qu'au sous-cycle a). Le nombre d'erreurs et leur répartition (en terme de distance) sont plus importantes en G 7 du fait de la difficulté particulière de cette grille et des erreurs dues aux évaluations du nombre des croix non affichées (même après avoir utilisé la touche E).

γ) Nous constatons que lors de l'évolution du cycle, les erreurs de large amplitude diminuent au profit d'erreurs provenant du comptage des croix affichées (ou non) d'une ligne ou d'une colonne.

L'analyse de ces résultats, pour être plus précise, doit s'appuyer sur l'analyse des stratégies de dénombrement qui sera faite dans le paragraphe suivant.

2°) Analyse des stratégies mises en oeuvre par les élèves

Pour faire cette analyse, nous allons d'une part analyser pour chaque grille les types de dénombrement adoptés par les élèves et d'autre part analyser l'utilisation faite par ceux-ci de la touche E, et le lien existant entre cette utilisation, les types de dénombrements et le nombre de réponses justes.

a) type de stratégies de dénombrement adoptés par les élèves, répartition et évolution suivant les grilles du cycle.

α) liste des types de dénombrement adoptés par les élèves

DM : même définition que lors de la situation n°1

DIM : idem

DIG : l'élève dénombre une à une les croix de la grille (même celles qui ne sont pas affichées - en évaluant une par une leur nombre) et produit une écriture de type E.N. en réponse

DIGT : idem que DIG mais l'élève traduit la réponse sous la forme d'une écriture multiplicative (mentalement !)

DIAp : dénombrement une par une des croix affichées et production d'une écriture de type E.M. dont les termes correspondent à une partition en 2 de l'ensemble de ces croix.

DIAPG dénombrement une par une des croix affichées d'une part, des croix cachées d'autre part et production d'une écriture multiplicative dont chaque terme du produit correspond à chaque cardinal dénombré.

Notons que les 4 derniers types correspondent à une incompréhension du problème à résoudre, toutefois les 3 derniers correspondent à une volonté de fournir quand même une réponse de type multiplicatif. Ces trois derniers types de stratégies montrent une volonté évidente des élèves de "contourner" la difficulté du problème et de fournir à tout prix une réponse.

β) type de dénombrement par grille

Tableau n°3

GRILLE TYPE	1	2	3	4	5	6	7	Total
DM	16	22	20	20	22	23	23	146
DIM	1	/	/	1	1	/	/	2
DIG	2	/	/	/	/	/	/	2
DIGT	2	1	2	2	/	/	/	8
DIAp	1	/	/	/	/	/	/	1
DIAPG	1	/	/	/	/	/	/	1
Total	23	23	22	23	23	23	23	160

Précisons tout de suite que les observateurs ne sont pas toujours certains de la classification ci-dessus, un élève peut lors d'une même grille passer d'un type de dénombrement à un autre sans que cela ait été relevé, nous pensons que le dernier type de stratégie adopté lors d'une même grille est celui qui est indiqué dans le tableau ci-dessus.

Notons que sauf dans un cas (grille 5), tous les élèves adoptent un dénombrement DM pour le cycle b)

30 % des élèves n'adoptent pas un dénombrement DM à la grille 1, un seul élève ne traduit pas sa réponse en une écriture multiplicative (1 sur 7).

Un seul élève persiste dans son erreur à la grille 2 et 2 élèves aux grilles 3 et 4 (abandon pour un élève du dénombrement de type DM devant la difficulté de la grille G 3).

Un seul élève a besoin de 4 grilles pour adopter un dénombrement DM, un seul élève de 5 grilles.

Notons que cette incompréhension du problème se traduit généralement par des erreurs de forte amplitude.

b) utilisation de la touche E

Tableau n° 4 : nombre d'appuis sur la touche E, répartition par grille des élèves

GRILLE Nombre d'appuis	1	2	3	4	5	6	7	Total
1	7	1	7	3	4	7	6	35
2	/	1	1	/	1	3	8	14
3	1	/	/	/	/	/	3	4
4	/	/	/	/	/	/	1	1
Total	8	2	8	3	5	10	18	54

a) Cycle a : 13 élèves utilisent au moins une fois la touche E pour l'une des 4 grilles G1-G2-G3-G4. Cette utilisation est faite essentiellement aux grilles 1 et 3 et ceci pour des raisons différentes :

- 4 élèves sur les 8 utilisant E en G1 n'ont pas compris le problème posé, toutefois il est remarquable de voir qu'ils abandonnent relativement vite l'emploi de E (7/8 ne l'utilisant qu'une seule fois en G1) alors que cela pourrait leur permettre de conserver un dénombrement un par un (difficile, il est vrai à traduire dans une écriture multiplicative)?

- 3 élèves sur 8 sont également dans ce cas en G3, les autres ont besoin d'un affichage supplémentaire de croix pour dénombrer le nombre d'éléments d'une ligne et d'une colonne.

- les élèves ne jugent pas nécessaire dans leur immense majorité (3 seulement sur 23) d'utiliser E en G4.

- les élèves n'ayant pas compris le problème utilisent en général E (voir la suite de cette analyse).

8) cycle b : sur l'ensemble des trois dernières grilles, 18 élèves utilisent au moins une fois la touche E, et par ce fait manifestent leur besoin d'informations supplémentaires. L'emploi de E s'accroît en G6 et G7 (43 % et 78 %). Toutefois, cette utilisation n'est que partielle : seuls : 1 élève en G5, 3 en G6 et 1 en G7 l'utilisent de façon à ne pas avoir à évaluer de visu le nombre de croix cachées d'une ligne et/ou d'une colonne.

9) sur l'ensemble du cycle des 7 grilles : 2 élèves seulement n'utilisent jamais la touche E (ces élèves réussissent respectivement 4 et 5 grilles sur 7). La majorité des élèves évaluent de visu (comme nous le verrons par la suite) le nombre de croix cachées d'une ligne et/ou d'une colonne incomplètes. Le jeu contre l'ordinateur doit ici avoir un effet négatif. Pour affiner cette analyse, nous devons voir l'impact de E sur les réponses des élèves, et voir la relation entre l'utilisation de E et l'évaluation de visu du nombre de croix par les élèves.

8) relation entre l'utilisation de E et l'obtention d'une réponse juste.

Tableau n°4 : répartition des réponses justes et fausses, par grille, suivant le nombre d'appuis E

GRILLES nombre d'appuis/E	1		2		3		4		5		6		7		Total	
	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F
0	10	4	17	3	9	6	10	10	10	7	3	10	2	3	61	47
1	3	4	1	/	/	7	/	3	3	1	2	5	3	3	12	23
2	/	/	/	1	/	1	/	/	/	1	3	/	5	3	8	6
3	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	1	2	2
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1	/

J désigne les réponses justes
F " " fausses

i) cycle a : nous voyons que l'essentiel des élèves utilisant E sur les grilles 1.2.3 le font sans succès (17 sur 21) car cela s'accompagne d'une incompréhension du problème (élèves n'utilisant pas un dénombrement DM) ou d'une évaluation de visu partielle des croix cachées (comme nous le verrons dans la suite).

ii) cycle b : les élèves utilisant judicieusement E le font avec succès, les autres n'utilisent cette touche que partiellement, ils évaluent de visu ensuite ce qui les conduit souvent à des échecs (notamment pour la grille G 6). La possibilité d'évaluer sans trop de risque en G 5 a sans doute entraîné des échecs plus importants (dans la même voie) en G 6.

iii) nous voyons que globalement les élèves n'utilisent E que pour obtenir des informations supplémentaires mais en général n'exploitent pas à fond (et dans bien des cas avec sanction) toutes les possibilités de cette commande, si l'utilisation de E est assez payante au cycle b (57 % de réussite), elle n'est pas payante (19 % de réussite) au cycle a).

e) nombre d'élèves évaluant, par grille, le nombre de croix cachées

(i) code utilisé pour classer ces élèves

E.V.Ta évaluation de visu du nombre total des croix masquées par la tache.
E.V.T. évaluation de visu du nombre de croix cachées d'une ligne et d'une colonne.

E.V.T.Pa évaluation de visu partielle (de nombre de croix d'une ligne ou d'une colonne)
Mel élève passant d'une évaluation de visu de type E.V.T. ou E.V.T.Pa à un dénombrement des croix d'une ligne et/ou d'une colonne sans évaluation de visu (ou réciproquement), au cours d'une même grille.
N élève n'évaluant pas de visu.

(ii) répartition par grille et efficacité de l'évaluation de visu

Tableau n°5

GRILLE Type d'évaluation	1		2		3		4		5		6		7		Total	
	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F
E.V.Ta	/	6	/	1	/	2	/	1	/	/	/	/	/	/	/	10
E.V.T.	/	/	/	/	/	2	1	4	10	8	5	13	3	6	19	33
E.V.T. Pa	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	2	9	4	9	7	7
Mel	/	/	/	/	1	3	2	4	3	/	/	/	/	/	6	7
N	13	3	18	4	8	7	7	4	/	/	3	/	1	/	50	18

Globalement 49 % des élèves évaluent de visu une partie des croix sur l'ensemble des 7 grilles, ce nombre est à affiner dans la mesure où l'évaluation de visu s'impose surtout lors du cycle b (90 % dans ce cycle); ce taux n'est que de 11 % sur le cycle a).

Les élèves évaluant de visu la tache entière sont tous en échec.

Les élèves évaluant de visu "les trous" d'une ligne ou d'une colonne le font souvent sans succès (63 % d'échecs pour E.V.T. et 44 % pour E.V.T.Pa).

Les élèves n'évaluant pas de visu sont en général en situation de réussite (les erreurs sont alors dues seulement au comptage (66 % pour le cycle a et 100 % pour le cycle b)).

Notons d'autre part une chute des cas "E.V.T." au profit des cas "E.V.T.Pa" en grille 7.

Nous pouvons conclure que les élèves n'utilisent la touche E que pour évaluer de visu avec un minimum de risques (qui se traduit dans les faits par un assez fort taux d'échecs): le nombre de croix manquantes dans une ligne et/ou une colonne le rôle joué par le jeu contre l'ordinateur (se traduisant par la perte d'un point sur 10 à chaque appui sur E) reste à déterminer.

c) Analyse des scores des élèves, par grille

Tableau n°6 : répartition des élèves suivant leur réussite aux différentes grilles

br n grilles réus.	Scores	nombre d' élèves	1	2	3	4	cycle a	5	6	7	cycle b	score total
élèves ne réussissant aucune grille		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
réussite à une grille		2	0	0	0	0	0	0	9	0	9	9
			0	10	0	0	10	0	0	0	0	10
réussite à deux grilles		2	10	10	0	0	20	0	0	0	0	20
			10	0	10	0	20	0	0	0	0	20
réussite à trois grilles		3	0	10	0	0	10	9	0	7	16	26
			9	9	0	0	18	10	0	0	10	28
			0	10	0	0	10	10	9	0	19	29
réussite à quatre grilles		6	9	10	0	0	19	0	8	7	15	34
			10	10	0	0	20	0	8	8	16	36
			0	10	0	10	20	9	0	8	17	37
			0	10	0	10	20	9	0	8	17	37
			0	10	10	0	20	10	0	10	20	40
			0	0	10	10	20	10	10	0	20	40
réussite à cinq grilles		4	10	10	10	10	40	0	0	8	8	48
			10	10	10	0	30	10	0	8	18	48
			10	10	0	10	30	10	0	9	19	49
			10	10	0	10	30	10	10	0	20	50
réussite à six grilles		4	10	10	10	10	40	0	8	6	14	54
			10	10	10	10	40	10	0	9	19	59
			10	10	10	10	40	10	0	9	19	59
			0	10	10	10	30	10	10	10	30	60

α) étude du cycle a - 3 élèves ne réussissent aucune grille (13 %) (1 seul parmi eux n'a pas compris la tâche à résoudre).

- 3 élèves ne réussissent qu'une grille sur 4 (13 %),

cette grille est la deuxième.

- 9 élèves réussissent 2 grilles sur 4 parmi ceux-ci :

2 élèves utilisent E.

- 4 élèves réussissent 3 grilles sur 4 (17 %).

- 4 élèves réussissent 4 grilles sur 4 (17 %).

Il y a donc 35 % d'élèves qui réussissent au moins 3 grilles, cela montre que les élèves ont du mal à réinvestir dans une situation un peu différente, la représentation graphique qu'ils ont des écritures multiplicatives et à travailler sur cette représentation.

β) étude du cycle b - 5 élèves ne réussissent aucune grille (22 %)

- 2 élèves ne réussissent qu'une grille (1 seul utilise E)

- 14 élèves réussissent 2 grilles sur 3 soit 64 %

- 1 seul élève réussit les 3 grilles (en évaluant de visu)

ainsi 68 % des élèves réussissent au moins 2 grilles sur les 3, ce qui prouve que l'utilisation de E d'une part, l'expérience acquise en a), l'influence éventuelle des corrections d'autre part a eu un effet positif sur le cycle b).

γ) globalement sur l'ensemble du cycle des 7 grilles, on peut noter 2 échecs à toutes les grilles sur 23, 14 élèves réussissent au moins 4 grilles (jamais du même cycle), soit 64 % des élèves, 8 élèves (36 %) réussissent 5 grilles au moins. Ces pourcentages témoignent d'une certaine difficulté de leur part à réinvestir leurs connaissances, à trier les informations nécessaires pour pouvoir donner une réponse juste, sans risque (c'est-à-dire sans évaluer de visu, sans se tromper dans le dénombrement). Il semble que la volonté de perdre le moins de point possible ait eu un aspect positif au cycle a) mais négatif au cycle b).

3°) L'influence de l'introduction d'un ordinateur sur les relations enseignant-enseigné-savoir

Pour faire cette analyse, nous devons tenir compte de plusieurs facteurs

- le rôle du jeu contre l'ordinateur (déjà traité ci-dessus)

- le rôle joué par les divers éléments de correction

- les interventions des observateurs pour expliciter la consigne et les corrections.

a) rôle du jeu contre l'ordinateur

Nous avons déjà vu précédemment que les élèves, dans leur volonté de gagner contre l'ordinateur n'utilisaient la touche E, que dans un minimum de cas, préférant prendre (de façon consciente ou non) des risques en évaluant de visu plutôt que de perdre des points. Nous devons toutefois moduler cette constatation, il est également possible que l'enjeu n'ait pas été clairement perçu par les élèves, d'autre part le cycle b) fait intervenir un élément supplémentaire : le mesurage, nous avons remarqué que dans bien des cas (cela était particulièrement visible pour les évaluations du type E.V.Ta), l'élève ne prenait pas conscience d'erreurs parfois très importantes de mesurage.

Notons que le jeu contre l'ordinateur a eu un aspect positif dans le cycle a), de même les erreurs d'évaluation perçues lors des corrections rendent plus prudents les élèves, nous constatons une certaine évolution des élèves (un nombre important de ceux-ci, dans la grille G 7 notamment, passe d'une évaluation de type E.V.T. à une évaluation de type E.V.T.Pa).

Bien des élèves ont d'autre part manifesté un visible contentement lors de l'obtention d'une grille, d'un score supérieur à celui de l'ordinateur (il a fallu une intervention de l'observateur pour expliquer ou relever cette différence de score), toutefois comme nous le verrons au paragraphe suivant, l'élève ne cherche pas en général à comprendre les raisons de cette "victoire".

b) Le rôle joué par les divers éléments de correction

α) compréhension de la correction de la grille, (construction par l'ordinateur d'une grille correspondant à une réponse erronée.

Tableau n°7 : compréhension par grille de la correction

GRILLES Nombre d'élèves	1	2	3	4	5	6	7	Total
ne comprenant pas	5	/	1	/	/	/	/	6
comprenant	4	4	10	11	8	12	8	57
n'ayant pu être observé	/	1	3	2	1	3	2	12
Total	9	5	14	13	9	15	10	75

Le nombre élevé de cas (12 sur 75) où l'observateur n'a pu décider si la correction avait été comprise ou non s'explique par une volonté de celui-ci de ne pas trop intervenir lors de la passation de l'expérience.

Le nombre de cas d'incompréhension de la correction (de façon certaine) est 6 (8 %) et ils se retrouvent aux grilles 1 et 3.

Il est difficile de conclure sur l'influence de cette correction étant donné le fait que les grilles ne posent pas toutes le même problème, il aurait fallu laisser la possibilité de feed-back. Toutefois l'influence bénéfique du cycle a) sur le cycle b) peut laisser penser que la correction y joue un grand rôle.

β) compréhension des différents scores

- (i) tous les élèves semblent avoir compris leur score.
- (ii) compréhension du score de l'ordinateur.

Tableau n°8

GRILLES nombre d'élèves	1	2	3	4	5	6	7	Total
ne comprenant pas	7	1	1	/	7	/	/	16
comprenant	5	4	11	12	10	17	20	79
n'ayant pu être observé	/	1	2	1	4	3	2	13
Total	12	6	14	13	21	20	22	108

le total porte sur l'effectif des élèves n'obtenant pas le même score sur une grille que l'ordinateur.

Nous constatons un fort taux d'incompréhension en G 1 (dû à une non-compréhension du problème le plus souvent 4/7) et en G 5 car c'est la 1ère grille où l'ordinateur affiche un score différent de 10.

Il est difficile de conclure sur l'efficacité de cet élément de correction, les élèves dans leur immense majorité (comme le prouve l'utilisation de la touche E) ne comprennent pas la signification réelle du score de l'ordinateur même s'ils répondent oui quand on leur demande (et même après avoir reçu des explications de l'observateur). Toutefois il semble que se manifeste dans les 2 dernières

grilles et dans les grilles 2.3.4, une tendance à tenir compte de cet élément.

c) le rôle du maître (et/ou des observateurs)

Il nous a paru indispensable d'utiliser des éléments pour rappeler et/ou expliciter la consigne et la tâche à résoudre (affiches rappelant le rôle des touches E et R ; simulation avec une grille sur papier et un cache de la situation). De même les éléments de correction doivent être expliqués oralement par le maître, sa présence et dans certains cas son intervention est nécessaire, indispensable. Le logiciel sous cette forme ne semble pas pouvoir être utilisé de façon complètement autonome par les élèves, du moins dans le début du cycle.

4°) Conclusions portant sur la validation des hypothèses testées (classe de

M. Boyer)

a) hypothèses relatives à l'acquisition de la notion mathématique.

α) hypothèse 1.

Nous n'avons pas observé de difficultés manipulatoires (sauf dans certains cas (assez rares) des difficultés de lecture et de dénombrement). L'utilisation de la touche E a permis aux élèves d'obtenir des renseignements, des informations fiables. Toutefois il semble que la régularité même du graphisme du TO 7 a conduit les élèves à évaluer de visu le nombre de croix cachées d'une ligne et/ou d'une colonne, cela les a conduit souvent à fournir des réponses erronées, du fait de la difficulté de cette opération. Il ne semble pas que la responsabilité de ces erreurs soit à imputer à l'ordinateur, les élèves ont une réelle difficulté à cet âge, à effectuer correctement la suite d'opérations exposé à la page 106. Notons d'autre part une certaine amélioration lors du cycle.

β) hypothèse 2

Cet élément de correction a été vite compris par les élèves, il est difficile de juger de son impact car les grilles ne présentaient pas toutes la même difficulté, toutefois la vision des erreurs de dénombrement faites, semble rendre les élèves plus conscients, notamment dans les dernières grilles, qu'il soit utile d'utiliser la touche E. De plus elle a une part dans l'abandon de stratégies de type DIG - DIGT - DIAPT.

γ) hypothèse 3

Les élèves utilisent la touche E pour demander, par l'affichage de nouvelles croix, des informations supplémentaires leur permettant de compter le nombre de croix d'une ligne et d'une colonne, toutefois dans la plupart des cas, cette demande d'informations se limite à obtenir le plus de croix affichées pour pouvoir évaluer de visu "sans risque" le nombre de croix manquantes. Il est difficile de conclure ici sur la part prise par la volonté de vaincre l'ordinateur.

δ) hypothèse 4

Cette hypothèse semble vérifiée à la lecture de l'analyse des résultats portant sur les réponses numériques des élèves et sur leurs stratégies.

d) deuxième type d'hypothèses

α) Le logiciel permet effectivement de trier les informations, les données que l'élève juge pertinentes pour résoudre le problème posé. L'analyse de l'utilisation de la touche E et des types d'évaluation le montre.

β) Il nous est difficile de parler de progrès (sauf pour le cycle a) dû au jeu contre l'ordinateur. Celui-ci ayant un statut ambigu, d'une part il contraint l'élève à ne pas demander d'informations en nombre trop important, d'autre part il le conduit dans le cycle b) à ne pas en demander assez !

γ) L'élève semble tenir compte des éléments de correction apportés par l'ordinateur, toutefois, cela ne peut supprimer l'intervention, dans cette situation, de l'observateur pour expliciter cette correction (du moins dans un premier temps).

B) ANALYSE DES RESULTATS DE LA CLASSE DE CE 1 DE Madame GOUTARD

Rappelons que les 17 élèves testés de cette classe venaient d'appréhender la signification des écritures multiplicatives grâce à une situation, semblable à la situation 1, proposée par le E.R.M.E.L. (sans ordinateur).

Nous allons pour effectuer cette analyse, reprendre le plan suivi à la partie A. (analyse des résultats de la classe de CE 2).

1°) Analyse des réponses des élèves

a) Tableau n°1

nom- bre de répon- ses	1	2	3	4	5	6	7	Total		
								a	b	Total
nombre de réponses justes	6	10	4	3	7	2	1	23	10	33
nombres de réponses fausses	11	7	13	13	8	13	14	44	35	79
Total	17	17	17	16	15	15	15	67	45	112

2 élèves n'ont pu fournir des réponses aux grilles 4,5,6 et 7 par faute de temps (il était 16h30).

α) analyse des résultats du cycle a)

Sur l'ensemble des 4 grilles, il y a 34 % de réponses justes, qui se répartissent inégalement sur les grilles (35 % en G1, 59 % en G2, 24 % en G3 et 19 % en G4). Les causes des erreurs sont identiques à celles trouvées pour la classe de CE 2.

Notons qu'il n'y a pas d'amélioration entre G3 et G4.

β) analyse du cycle b

Il n'y a que 22 % de réponses justes sur le cycle b se répartissant essentiellement sur la grille 5. Notons un très fort taux d'échec aux grilles 6 et 7.

γ) Il n'y a pas d'amélioration après la passation du cycle a) contrairement à la classe de CE 2, l'évaluation de visu ne défavorise pas les élèves en G5.

b) Analyse des types d'écritures fournies par les élèves dans leurs réponses.

Tous les élèves répondent aux 7 grilles, toutefois 2 élèves ont dû s'arrêter en cours de route, 2 réponses sont toutefois incomplètes (grille 1 et 7). 2 élèves fournissent une écriture de type E.N. à la grille 1, 1 élève à la grille 2, 1 élève à la grille 3. Dans les autres cas les réponses sont toutes de type E.M. Les résultats sont plus faibles qu'en CE 2.

c) distance au résultat

Tableau n°2

Sup des distances	GRILLES							Total		
	1	2	3	4	5	6	7	a	b	total
d = 1	6	2	2	2	1	5	3	12	9	21
d = 2	/	2	/	5	2	2	4	7	8	15
d = 3	/	1	/	1	/	2	1	2	3	5
d = 4	/	/	3	1	2	/	/	4	2	6
d = 5	1	1	1	2	1	1	1	5	3	8
d ≥ 6	3	1	7	2	2	3	4	13	9	22
réponses incomplètes	1	/	/	/	/	/	1	1	1	2
Total ERREURS	11	7	13	13	8	13	14	44	35	79

α) cycle a Les erreurs de forte amplitude se rencontrent essentiellement à la grille 3 et pour une plus faible part à la grille 1 (cela provient d'une incompréhension de la tâche à effectuer). Les erreurs, comme pour la classe de CE 2, sont essentiellement des erreurs de comptage.

β) cycle b Les erreurs sont majoritairement des erreurs de comptage de faible amplitude (une plus large part d'erreurs de forte amplitude en G7).

γ) Les erreurs de forte amplitude si elles diminuent après G3, persistent tout de même, et dans une certaine mesure augmentent (en absolu) dans le cycle b. Nous devons affiner cette analyse par une analyse des stratégies adoptées par les élèves.

2°) Analyse des stratégies mises en oeuvre par les élèves

a) stratégie et dénombrement adoptés par les élèves, répartition et évolution suivant les grilles

α) répartition par grille

Tableau n°3

Type de dénombrement \ GRILLES	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL
DM	12	13	13	14	12	12	11	87
DIM	1	1	/	/	/	/	/	2
DIG	3	/	/	/	/	/	/	3
DIGT	/	2	/	1	/	/	/	3
DIAp	/	1	1	/	1	1	2	6
DIApG	1	/	2	1	2	2	2	10
TOTAL	17	17	16 1 non observ	16	15	15	15	111

Nous faisons la même remarque que pour la classe de CE 2 quand à la certitude de cette classification.

cycla a : dans 82 % des cas les dénombrements adoptés sont de type multiplicatif (DM et DIM), 4 élèves sur 17 n'adoptent pas ce type de dénombrement en G1 contre 2 en G4. Notons que le "type de dénombrement" DIGT, DIAp et DIApG constituent un moyen pour les élèves de détourner le problème tout en satisfaisant à la consigne. Les résultats semblent plus faibles sur ce point que pour la classe de CE 2.

cycle b : le cycle b contrairement à la classe de CE 2 se traduit par un accroissement (relatif et absolu) des dénombrements de type non multiplicatif, et ceci malgré l'apprentissage effectué au cycle a). Sur 7 élèves de ce type au cycle a), deux n'ont pu finir le cycle et sur les 5 restant, 4 "rechutent" au cycle b).

Globalement et sur chacun des deux cycles, les résultats sont plus faibles que pour la classe de CE 2.

b) Utilisation de la touche E

Tableau n°4

GRILLE nom- bre d'appuis sur E	1	2	3	4	5	6	6	Total
0	10	15	9	12	12	13	10	81
1	5	1	4	2	/	1	2	15
2	2	1	1	2	2	/	2	10
3	/	/	1	/	1	/	/	2
4	/	/	1	/	/	/	1	2
5	/	/	/	/	/	/	/	/
6	/	/	1	/	/	1	/	2
Total	17	17	17	16	15	15	15	112

Dans 28 % des cas (globalement) les élèves utilisent la touche E, nous devons analyser ces appuis par cycle.

a) cycle a : nous voyons que les élèves utilisent davantage E en G1 et G3, que lors des autres grilles (7 en G1, 2 en G2, 8 en G3 et 4 élèves en G4), cela est dû à une mauvaise compréhension de la tâche à accomplir. Cela confirme également le fait que la grille G2 est plus facile que la grille G1, et que d'autre part ils ressentent la nécessité d'obtenir des informations supplémentaires pour les grilles G3 et G4.

b) cycle b : la facilité de l'évaluation de visu en G5 et G6 explique les taux différents d'utilisation de la touche E entre G5, G6 et G7 (3 en G5, 2 en G6 et 5 en G7)

Il y a 71 appuis sur E (effectués par 11 élèves) dont 24 réalisés sur les 3 dernières grilles. Cela montre que les élèves n'ont pas perçu l'intérêt de la touche E pour le cycle b (5 élèves sur 15 l'utilisent à la 7ème grille). Les élèves utilisant E le font souvent parce qu'ils n'ont pas compris la tâche à remplir.

Pour affiner cette analyse, nous devons, comme pour la classe de CE 2, étudier d'autres éléments.

γ) Relation entre l'utilisation de E et l'obtention d'une réponse juste.

Tableau n°4

GRILLES Nbre d'appuis s/E	1		2		3		4		5		6		7		Total	
	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F
0	3	7	9	6	3	6	2	10	6	6	1	12	/	10	24	57
1	2	3	1	/	/	4	/	2	/	/	1	/	1	1	5	10
2	1	1	/	1	/	1	1	1	1	1	/	/	/	2	3	7
3	/	/	/	/	/	1	/	/	/	1	/	/	/	/	0	2
4	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	1
6	/	/	/	/	/	1	/	/	/	/	1	/	/	/	0	2
Total	6	11	10	7	4	13	3	13	7	8	2	13	1	14	33	79

i) cycle a : dans 6 cas sur 14, les élèves utilisent E avec succès (43%), cette utilisation permet donc une amélioration du nombre de bonnes réponses (contrairement à la classe de CE 2) alors que seulement 37 % des cas de non utilisation de E se traduit par une bonne réponse.

ii) cycle b : 25 % des cas de non utilisation de E se traduisent par une bonne réponse alors que ce pourcentage s'élève à 29 % dans le cas d'une utilisation, il est ici difficile de conclure sans faire une analyse des "types de dénombrement" et d'évaluation de visu.

iii) globalement nous pouvons faire les mêmes remarques que pour la classe de CE 2, en ajoutant toutefois que l'utilisation de E est plus payante pour cette classe (CE 1) dans le cycle a et moins dans le cycle b. Nous verrons dans la suite de l'analyse si la cause est due à une plus mauvaise faculté d'évaluer de visu et/ou de dénombrer.

e) nombre d'élèves évaluant, par grille, le nombre de croix cachées.
Nous utilisons ici le même code que pour la classe de CE 2.

Répartition par grille et efficacité de l'évaluation

Tableau n°5

GRILLES Type d'évaluation	1		2		3		4		5		6		7		Total	
	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F	J	F
EV. Ta	/	2	/	1	/	1	/	3	/	1	/	/	/	/	/	8
EV. T	/	/	/	/	2	6	2	7	6	7	1	10	1	11	12	41
E.V.T Pa	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	/	1
Mel	/	/	/	/	1	1	/	2	1	/	1	/	/	/	3	3
N	6	8	10	4	1	3	1	1	/	/	/	/	/	/	18	16

Il n'a pas été toujours possible pour les observateurs de déterminer si les élèves évaluaient de visu ou non et quel type d'évaluation, ils pratiquaient, cela explique que le tableau ci-dessus porte sur 102 cas au lieu de 112. Dans 40 cas les élèves n'évaluent pas de visu (sur l'ensemble du cycle), cela représente 39 % des cas, notons toutefois qu'il n'y a que deux cas de non évaluation pour le cycle b et un seul cas d'évaluation partielle. Nous voyons que le nombre d'élèves (et de cas) n'évaluant pas de visu dans ce dernier cycle est beaucoup plus important que dans la classe de CE 2. De plus ils n'ont pas vu la nécessité de réduire les risques de cette évaluation.

Tous les élèves évaluant de visu la tâche sont en échec, il n'y a que 19 % de succès pour les élèves évaluant de visu un "trou", ce qui est nettement plus faible qu'en CE 2. Il y a toutefois 62 % de cas de non évaluation de visu pour le cycle a contre 89 % pour la classe de CE 2.

Il est difficile de conclure sur le rôle du score pour cette classe, il semble plutôt que les élèves n'ont pas su trier (même en prenant des risques) les informations, les données nécessaires pour répondre correctement. La proportion de cas de non-compréhension de la tâche est également plus importante comme nous l'avons vu précédemment.

Globalement les résultats sont plus faibles pour cette classe.

c) Analyse des scores des élèves, par grilles.

Tableau n°6

scores	nom- bres d'él- èves	1	2	3	4	cycle a)	5	6	7	cycle b)	score total
nombre de grilles réussies											
élèves ne réus- sissant pas de grilles	5(*)	/	/	/	/	0	/	/	/	0	0
		0	0	0	/	0/30 (*)	/	/	/	/	0/30
élèves réussis- sant 1 grille	4	0	10	0	0	10	0	0	0	0	10
		0	10	0	0	10	0	0	0	0	10
		0	10	0	0	10	0	0	0	0	10
		0	0	0	0	0	10	0	0	10	10
réussite à 2 grilles	2	10	10	0	0	20	0	0	0	0	20
		0	0	0	8	8	10	0	0	10	18
réussite à 3 grilles	2(x)	10	10	10	0	30 (*)	/	/	/	/	30/40
		0	10	0	0	10	10	10	0	20	30
réussite à 4 grilles	3	10	10	0	10	30	10	0	0	10	40
		9	10	10	0	29	10	0	0	10	39
		9	10	10	0	29	10	0	0	10	39
réussite à 7 grilles	1	8	9	6	10	33	9	9	9	27	60

- α) étude du cycle a : - 6 élèves sur 17 ne réussissent aucune grille (35 %).
Notons qu'un élève n'a pu passer l'épreuve que sur 3 grilles seulement (faute de temps). Parmi eux 3 élèves n'avaient pas compris la tâche à effectuer. Le résultat est plus faible que pour la classe de CE 2.
- 5 élèves ne réussissent qu'une seule grille (la grille n°2) soit 29 % (taux là encore plus important qu'en CE 2).
 - 1 seul élève réussit 2 grilles sur 4 (les 2 premières)
 - 4 élèves réussissent 3 grilles sur 4 (24 %)
 - 1 élève réussit 4 grilles

Il y a donc 29 % des élèves qui réussissent au moins 3 grilles, cela constitue un résultat inférieur à la classe de CE 2 et traduit une plus grande difficulté à réinvestir leurs connaissances relatives aux écritures multiplicatives.

- β) étude du cycle b : - 8 élèves ne réussissent aucune grille (sur 15) soit 53 % des élèves
- 5 élèves réussissent une seule grille (33 %)
 - 1 élève réussit 2 grilles.
 - 1 élève réussit les 3 grilles (en évaluant aux grilles 6 et 7).

Les résultats sont faibles (2 élèves réussissent au moins 2 grilles), cela prouve que l'expérience acquise au cycle a), l'influence des corrections n'a pas joué un rôle si important que pour la classe de CE 2 (de même pour la touche E).

- γ) globalement sur l'ensemble du cycle des 7 grilles, nous avons 4 élèves en échec total sur 15 (27 %) et 4 élèves réussissant au moins 4 grilles du cycle entier. Cela prouve une grande difficulté à réinvestir leurs connaissances sur les écritures multiplicatives, à trier les informations nécessaires pour répondre sans risque à la question, difficulté plus importante (cela se comprend aisément) que pour la classe de CE 2.

3°) Influence de l'ordinateur dans les relations enseignant-enseigné-savoir.

a) rôle du jeu contre l'ordinateur

Il est plus difficile dans cette classe de conclure sur ce point, en effet, les élèves semblent moins conscients des possibilités offertes par l'emploi de la touche E, d'autre part, ils semblent se rendre moins compte des difficultés liées à l'évaluation de visu d'une partie des croix d'une ligne et d'une colonne. Il ne nous semble pas, que le score ait eu un effet négatif sur les stratégies des enfants, au stade où ils en sont, les raisons des échecs enregistrés sont dues essentiellement à des difficultés de réinvestissement de connaissances portant sur les écritures multiplicatives d'une part, sur le mesurage d'autre part.

b) le rôle joué par les divers éléments de correction

- α) compréhension de la "correction de la grille" (construction par l'ordinateur d'une grille correspondant à une réponse erronée)

Tableau n° 7

GRILLES nombre d'élèves	1	2	3	4	5	6	7	Total
ne comprennent pas	5	1	1	2	1	1	1	12
comprenant	5	5	10	11	7	12	12	62
n'ayant pu être observé	1	1	2	/	/	/	1	5
Total	11	7	13	13	8	13	14	79

Dans 12 cas sur 79 (15 %) les élèves ne comprennent pas la correction, dont 5 à la 1ère grille (nombre plus important que pour la classe de CE 2). Les conclusions sont les mêmes que pour la classe de CE 2, il semble toutefois que même après compréhension de cet élément de correction, les élèves pratiquent les mêmes erreurs (cela permet toutefois l'abandon de l'évaluation de visu de la tâche entière).

B) compréhension des différents scores

- (i) de même tous les élèves admettent leur score à chaque grille.
- (ii) compréhension du score de l'ordinateur.

Tableau n°8

GRILLES nombre d'élèves	1	2	3	4	5	6	7	Total
ne comprenant pas	7	1	3	2	5	3	1	22
comprenant	7	6	10	12	8	12	13	68
n'ayant pu être observé	/	1	1	/	/	/	1	3
Total	14	8	14	14	13	15	15	93

Nous constatons un fort taux d'incompréhension en G1 (50 %) et G5 (38 %) qui

qui est dû pour G1 à une mauvaise compréhension de la tâche à effectuer et pour G5 à la rencontre avec un problème, pour la 1ère fois, où le score de l'ordinateur est 9 et non 10.

Même après explication des observateurs, il ne semble pas que les élèves aient réellement assimilé la signification du score de l'ordinateur, ou du moins, qu'ils en tiennent compte dans la suite (comme le prouve les résultats portant sur l'utilisation de E et/ou des méthodes d'évaluation de visu).

Il ne semble pas y avoir d'amélioration sur la fin du cycle contrairement à la classe de CE 2.

c) le rôle du maître (et/ou des observateurs)

Les conclusions sont les mêmes que pour la classe précédente.

4°) Conclusions portant sur la validation des hypothèses testées

a) hypothèses relatives à l'acquisition de la notion mathématique

α) hypothèse 1 : même conclusion que pour la classe de CE 2 avec toutefois une amplification, ici, des aspects négatifs de cette conclusion.

β) hypothèse 2 : même conclusion que pour la CE 2 avec la même restriction que précédemment.

γ) hypothèse 3 : il ne semble pas que les élèves de cette classe aient utilisé la touche E dans le même esprit, ou du moins avec la même efficacité que ceux de la classe de CE 2. Cela provient d'une difficulté à réinvestir leurs connaissances, "toutes fraîches", sur les écritures multiplicatives, d'une difficulté à effectuer des opérations de mesurage (voir page 106), et enfin d'une difficulté à trier les informations, les données pertinentes pour résoudre la problème posé.

δ) hypothèse 4 : de même que pour l'hypothèse précédente, cette dernière hypothèse semble peu vérifiée, cela provient sans doute de l'état des connaissances des élèves.

b) Deuxième type d'hypothèses

α) même conclusion que pour la classe de CE 2.

β) on ne peut parler de progrès pour cette classe dû au jeu contre l'ordinateur, les difficultés "théoriques" liées aux écritures multiplicatives d'une part, aux problèmes liés à l'évaluation de visu d'autre part, font écran pour conclure sur ce point.

γ) même conclusion que pour la classe de CE 2.

c) La classe de CE 2 sur tous les points (réponses, stratégies, utilisation de la touche E...) obtient de meilleurs résultats que la classe de CE 1. On ne peut conclure sur l'influence de la 1ère passation (situation N°1), du fait des états différents de connaissances, relatives au concept, des élèves des 2 classes.

Notons toutefois que les élèves de CE 2 (ayant passé la situation 1) se souvenaient de cette expérience, un nombre important d'entre eux nous ont demandé si le temps était limité.

La comparaison des résultats des deux classes permet d'autre part de montrer que la construction du sens des écritures multiplicatives prend du temps, que cette notion s'affirme, chez les élèves, avec la pratique de ces écritures, avec leur réinvestissement dans la construction des algorithmes de multiplication, dans la résolution de situations-problèmes.

C) CONCLUSIONS PORTANT SUR LA SITUATION N°2

* Sans reprendre point à point les conclusions déjà énoncées lors des analyses de résultats des différentes classes (CE 1 et CE 2), cette expérience montre la dépendance étroite qui existe, lors de la résolution de ce type de problème entre les facteurs suivants :

- stade d'acquisition d'un concept (ici les écritures multiplicatives) et état des représentations de ce concept;
- possibilité de réinvestir ces connaissances dans une situation différente mais mettant en jeu les mêmes connaissances, ou plus exactement des représentations similaires;
- capacité de mesurages, d'évaluation de visu d'une mesure discrète;
- capacité à trier les informations nécessaires pour résoudre un problème donné.

* D'autre part, cette situation permet de montrer que la construction du concept d'écriture multiplicative est lente, que ce concept s'enrichit par la pratique de ces écritures et par le réinvestissement de cette pratique, de cet apprentissage, lors de la construction d'algorithmes de la multiplication.

* L'utilisation des propriétés graphiques du T07 (régularité du graphisme, utilisation d'images graphiques comme élément d'illustration et de représentation d'un concept et comme élément de correction d'une réponse erronée) semble éliminer un certain nombre de difficultés manipulatoires. Toutefois cet effet positif dépend de la capacité des élèves à l'utiliser (problème liés à

à l'évaluation de visu et dépend de leur capacité à l'interpréter (nécessité d'une intervention du maître : cela implique notamment des précautions d'utilisation des logiciels, de tels logiciels ne peuvent s'utiliser de façon autonome par les élèves, ils nécessitent la présence active de l'enseignant et son intervention pour expliquer certains points délicats).

* La possibilité offerte par la commande E d'explorer d'une part les grilles, d'autre part d'obtenir des informations, des données supplémentaires sur l'état de cette grille, joue un rôle positif dans la mesure où l'élève peut, du fait de ses connaissances sur le concept, l'utiliser. Elle permet par exemple à un nombre relativement important d'élèves de répondre correctement aux grilles 3 et 7 qui sont loin de constituer des problèmes triviaux.

Une telle action sur la situation met l'élève dans la possibilité d'effectuer un tri, conscient, des données nécessaires pour résoudre le problème, sa réussite dépend toutefois de sa capacité à résoudre les problèmes liés à l'évaluation de visu.

* Cette situation permet au didacticien de recueillir des renseignements.

- sur les stratégies des élèves
- sur les données qu'ils jugent pertinentes pour résoudre une question donnée
- sur la transformation des rapports enseignant-enseigné-savoir par l'introduction d'un ordinateur. (transformation portant sur les possibilités d'action offertes à l'élève, sur les éléments de correction apportés à la traduction de cette action, sur le rôle du jeu contre l'ordinateur).

CHAPITRE QUATRE : ANALYSE
DES DIFFÉRENCES DE
COMPORTEMENTS

I - ÉTUDE DE LA CLASSE
DE CE 2 (M. BOYER, ÉCOLE
ANNEXE DE L'ÉCOLE NORMALE
D'INSTITUTRICES DE PARIS

A - CORRELATION ENTRE ORIGINE SOCIALE ET REUSSITE SCOLAIRE

1°) Origine socio-professionnelle

L'analyse porte sur 23 élèves seulement de la classe de CE2 de M. Boyer. Nous n'avons pu recueillir de renseignements sur le 24^e élève.

5 élèves sont d'origine ouvrière; 4 élèves ont des parents occupant un emploi de cadre moyen; 7 élèves ont des parents enseignants (professeur dans le secondaire ou dans le supérieur); 7 élèves ont des parents exerçant une profession libérale (médecin, juriste) ou de cadre supérieur du secteur privé.

2°) Niveau scolaire des élèves

L'instituteur de la classe a regroupé les élèves suivant 4 niveaux (A,B,C,D), pour certains élèves, la réussite globale n'est pas identique à la réussite en mathématiques. Pour notre analyse ultérieure, nous ne retiendrons que le critère mathématique.

La répartition est la suivante : (par ordre décroissant de réussite)

- groupe A : 8 élèves (deux de ces élèves se classent dans le groupe B, pour l'évaluation globale de la réussite scolaire)
- groupe B : 9 élèves (4 élèves dans le groupe A, 1 élève dans le groupe C pour l'ensemble des disciplines)
- groupe C : 3 élèves (dont 2 appartenant au groupe B pour l'ensemble)
- groupe D : 3 élèves

3°) Corrélation origine socio-professionnelle / réussite scolaire

Tableau n°1

Origine \ Niveau scolaire	A	B	C	D	Total
Ouvrier employé (OE)	0	1	1	3	5
Cadre moyen (CM)	3	1	0	0	4
Enseignant (EG)	4	2	1	0	7
Cadres supérieurs (CS)	1	5	1	0	7
Total	8	9	3	3	23

Nous constatons que les élèves d'origine sociale défavorisée se retrouvent majoritairement dans les groupes de niveau faible (3 élèves en D, 1 en C, aucun élève en A).

La répartition est inverse pour les autres catégories sociales.

Notons de plus que 50 % des élèves du groupe A ont des parents dans l'enseignement. Les enfants d'enseignants semblent mieux réussir que les enfants de cadres supérieurs du secteur privé ou de parents exerçant une profession libérale.

La faiblesse du taux de recrutement d'élèves provenant de la classe ouvrière s'explique par le fait que l'Ecole est l'Ecole Annexe de l'Ecole Normale d'une part (fort taux d'enfants d'enseignants) et par la composition sociale du quartier.

L'analyse des différences de comportements faite en liaison avec le niveau scolaire des élèves et leur origine sociale n'est évidemment qu'une analyse clinique, tous les résultats et conclusions que nous pourrions en tirer doivent être confirmés par une analyse portant sur un échantillon plus important.

Nous avons toutefois jugé intéressant de faire cette analyse car nous pensons qu'il est aujourd'hui nécessaire, d'évaluer (même si l'échantillon testé, la durée (trop courte) et le nombre de situations (trop faible) peuvent amener certains lecteurs à en contester les conclusions) l'impact de l'introduction de l'informatique sur l'acquisition d'un concept mathématique.

Nous ne prétendons pas aboutir à des résultats définitifs sur ce point, nous pensons toutefois que cette analyse peut permettre de dégager certaines pistes de travail, qui peuvent s'avérer être très utiles pour une recherche ultérieure, plus complète et portant sur un échantillon plus représentatif. (Ce sera une des voies de recherche de l'équipe IREM pour l'année 1985-86).

B - ANALYSE DES DIFFERENCES DE RESULTATS ET DE COMPORTEMENTS A LA PREMIERE SITUATION, LIEN AVEC LE NIVEAU SCOLAIRE DES ELEVES

1°) Analyse des résultats de la 2e phase (EXP)

Tableau n°1

Moyenne niveaux	Réponses données	Réponses justes	Type d'écritures
A	4	2,63	3.E.M. 5.E.N.
B	4	1,56	2.E.M. 7.E.N.
C	2,66	1,66	3.E.N.
D	3,66	1,66	3.E.N.
Total	3,65	1,96	5.E.M. 18.E.N.

a) Moyennes des réponses fournies par les élèves

La moyenne sur l'ensemble de la classe de réponses données est 3,65, les moyennes des élèves de niveau A et de niveau B sont légèrement supérieures. Etant donnée la faiblesse des effectifs des élèves de niveau C et D, il est difficile de conclure, toutefois les résultats du groupe C semblent inférieurs.

b) Moyennes des réponses exactes

La moyenne de la classe est 1,96, les élèves de niveau A réussissent mieux (moyenne 2,63) que le reste de la classe. De plus, les élèves de niveau B semblent obtenir (en moyenne) les plus faibles résultats exacts.

c) Type d'écriture

Nous pouvons remarquer que les élèves ayant des connaissances extra scolaires sur la multiplication sont tous des élèves de niveau A ou B. (2 enfants d'enseignants, 1 enfant de médecin, et 2 enfants de cadres moyens).

d) Analyse de l'utilisation des commandes A, P, T, M et des procédures de dénombrement

Nous avons vu en III-B que les élèves n'adoptant pas un dénombrement efficace (type DM ou D10) utilisaient les commandes A et M majoritairement, car elles leur permettaient de ralentir l'affichage de la grille et donc de conserver leur type de dénombrement (surtout D1).

Nous allons regarder par groupe de niveau, ce point.

Pour cela nous allons reprendre l'analyse faite en III,B.

α) Analyse, par groupe de niveau de l'utilisation des commandes A,P,T,M.

Tableau n°2

GRILLE		1	2	3	4	5	6	7	Total
A	COMMANDE								
	A	2	5	2	2	3	3	1	18
	B	5	5	4	3	1	1	3	22
	C	2	1	1	1	/	1	/	6
	D	1	2	2	1	1	/	/	7
	Total	10	13	9	7	5	5	4	53
M	COMMANDE								
	A	2	1	3	2	2	2	3	15
	B	/	1	1	2	1	3	3	11
	C	1	/	1	2	1	1	1	7
	D	/	/	/	/	/	2	3	5
	Total	3	2	5	6	4	8	10	38
P	COMMANDE								
	A	2	0	2	1	0	0	1	6
	B	/	2	3	3	4	2	1	15
	C	/	/	/	/	/	1	/	1
	D	1	1	/	1	1	/	/	4
	Total	3	3	5	5	5	3	2	26
T	COMMANDE								
	A	2	2	1	3	3	3	3	17
	B	4	1	1	1	3	3	2	15
	C	/	2	1	/	2	/	2	7
	D	1	/	1	1	1	1	/	5
	Total	7	5	4	5	9	7	7	44
	COMMANDE								
	A	8	8	8	8	8	8	8	56
	B	9	9	9	9	9	9	9	69
	C	3	3	3	3	3	3	3	21
	D	3	3	3	3	3	3	3	21
	Total	23	23	23	23	23	23	23	165

Le tableau n°2 montre que

- les élèves du groupe A utilisent les commandes A et M dans 59 % des cas (au lieu de 57 % d'utilisation pour l'ensemble de la classe). Il n'y a pas de différence sensible. La commande P est moins utilisée (11 % contre 16 %) au profit des commandes M et T. T est un peu plus utilisée (car il existe 1/3 d'élèves utilisant un dénombrement multiplicatif. Il en est de même pour M. Il n'y a toutefois pas de différence sensible.

- les élèves du groupe B ne perçoivent que dans une moindre mesure l'utilité des commandes A et M (surtout M : 17 % d'utilisation au lieu de 23 % en moyenne pour la classe), ils utilisent davantage P. (24 % au lieu de 16 %).

- les élèves du groupe C utilisent plus fréquemment A et M que la moyenne de la classe (62 % au lieu de 57 %, utilisation prédominante de M), ils délaisent davantage P (5 % au lieu de 16 %).

- ils n'en est pas de même des élèves du groupe D, qui sont conformes à la moyenne avec toutefois une plus forte utilisation de P (19 %) au détriment de T.

Il apparaît donc que les élèves de niveau B ont tendance à moins utiliser A et M.

β) analyse des types de dénombrements

Tableau n°3

Dénombrements niveau	D1	DA1	DA	D10	DAM	DM	TOTAL
A	15	4	6	8	1	17	51
B	32	9	3	5	1	13	63
C	13	4	1	3	/	/	21
D	21	/	/	/	/	/	21
TOTAL	81	17	10	16	2	30	156

- Nous constatons que les dénombrements de type DM ne sont mobilisables que par des élèves de niveau A ou B.

- Les élèves de niveau A n'utilisent que peu le dénombrement D1 (29 % entre 51 % en moyenne) au profit des dénombrements additifs (35 % contre 29 % et 35 % contre 21 % en moyenne).

- Les élèves de niveau B ont sensiblement, pour chaque type de dénombrement, un pourcentage d'utilisation conforme à la moyenne de la classe.

- Ce sont évidemment les élèves de niveau C et surtout D qui adoptent dans une plus large mesure (62 % et 100 %) les dénombrements D1. Ces résultats s'expliquent par le fait que les seuls élèves ayant une connaissance préalable de la multiplication sont des élèves de niveau A ou B.

γ) lien entre l'utilisation des commandes et les types de dénombrements

Tableau n°4

dénombrement commande (niveau)	D1	DA1	DA	D10	DAM	DM	TOTAL
A	6	3	3	3	/	2	17
B	15	2	4	/	/	/	22
C	3	2	1	/	/	/	6
D	7	/	/	/	/	/	7
M	6	1	1	3	1	3	15
B	5	/	1	/	/	5	11
C	5	/	/	2	/	/	7
D	5	/	/	/	/	/	5
Total	21	1	2	5	1	8	38
P	1	/	/	1	/	2	4
B	8	/	2	3	/	2	15
C	1	1	/	/	/	7	2
D	4	/	/	/	/	/	4
Total	14	1	2	4	/	4	25
T	2	/	2	1	/	10	15
A	4	1	2	2	/	6	15
B	4	1	/	1	/	/	6
C	5	/	/	/	/	/	5
Total	15	2	4	4	/	16	41
T O	15	4	6	8	1	17	51
B	32	3	9	5	2	13	63
C	13	4	1	3	/	/	21
D	21	/	/	/	/	/	21
Total	81	11	16	16	3	30	156

- Les élèves de niveau A associent davantage les dénombrements de type D1 et additif à l'emploi des commandes A et M (respectivement 80 % et 78 %) que l'ensemble de classe (respectivement 65 % et 62 %). De même les dénombrements multiplicatifs sont davantage associés à T (59 % au lieu de 52 %).

- Les élèves de niveau B associent davantage les dénombrements additifs (notamment D10) aux commandes P et T (59 % au lieu de 38 %) et associent davantage les dénombrements de type multiplicatif à M (38 % au lieu de 27 %). Pas de différence sensible pour les dénombrements D1. Ils ne semblent pas maîtriser aussi aisément les rôles des commandes et leur utilisation en fonction du dénombrement adopté. Ils se montrent plus prudents lors de l'utilisation de dénombrement multiplicatif.

- Les élèves de niveau C ne présentent pas de différences sensibles par rapport à la moyenne de la classe (compte tenu du fait qu'ils n'utilisent jamais de dénombrement multiplicatif).

- Les élèves de niveau D n'utilisent que des dénombrements de type D1, ceux-ci sont majoritairement associés aux commandes A et M (57 % contre 65 % pour l'ensemble de la classe).

- Ainsi les élèves de niveau A se distinguent, encore, dans l'utilisation efficace des commandes A et M en liaison avec les types de dénombrement D1 et additifs. Les élèves de niveau B semblent les moins efficaces sur ce point, ils manifestent de plus, davantage de prudence lorsqu'ils utilisent des dénombrements de type multiplicatif.

e) Conclusion

Il est difficile de conclure compte tenu de la faiblesse de certains effectifs, et de la relative imprécision du classement des élèves en 4 groupes de niveau.

- * Toutefois il apparaît que dans l'ensemble, les élèves de niveau A réussissent mieux cette épreuve (réponses données, réponses justes, types de dénombrement, types d'écriture) que l'ensemble de la classe. Ils semblent mieux maîtriser le rôle des différentes commandes et faire preuve de davantage d'audace dans leur choix. Notons toutefois une élève en échec, dans ce groupe, sur toutes les grilles.
- * Les élèves du groupe de niveau B ne semblent pas faire preuve d'autant de maîtrise dans l'utilisation des commandes (résultats parfois inférieurs aux groupes D et C) et dans l'obtention de réponses justes.
- * Les élèves de niveau C et D semblent sur certains points (utilisation adéquat de commandes en fonction du type de dénombrement utilisé, donnée de réponses justes), obtenir des résultats analogues, et parfois supérieurs à ceux d'élèves du groupe de niveau B. Toutefois la conception même de l'expérience tend à reproduire le classement préexistant dans la classe (notamment en ce qui con-

cerne les bons élèves). Signalons toutefois une bonne performance d'un élève du groupe D qui fournit 5 réponses sur 7 (dont 3 justes) et d'un deuxième qui fournit 4 réponses (dont 2 justes) grâce à une utilisation habile des commandes A. et M.

2°) Analyse des résultats de la 4ème phase (post-test)

a) analyse des réponses fournies par les élèves au post-test (Moyenne par niveau)

Tableau n°5

Moyenne Niveaux	nombre de réponses données	nombre de réponses exactes	type d'écritures	dénombrement multiplicatif
A	4,13	3,63	4,13	4,88
B	2,89	1,89	2,56	2,78
C	3,33	2	3,33	3,33
D	0,67	0,33	0,67	1
TOTAL	3,09	2,3	2,96	3,35

a) moyenne des réponses données au cycle de 5 grilles

La moyenne du nombre de réponses fournies par l'ensemble de la classe est de 3,09, les élèves de niveau A obtiennent une moyenne nettement supérieure, les élèves de niveau C de même, par contre les élèves de niveau B obtiennent des résultats inférieurs. Les élèves de niveau D sont très largement mis en échec par cette épreuve.

b) moyennes des réponses exactes

Les résultats sont du même ordre, les élèves de niveau A réussissent nettement mieux que le reste de la classe, les élèves de niveau C obtiennent des résultats supérieurs à ceux du niveau B (en moyenne), et l'on retrouve l'échec très net des élèves de niveau D.

γ) types d'écritures (moyennes)

Nous arrivons aux mêmes conclusions que ci-dessus.

e) type de dénombrement (moyennes du nombre de dénombrement de type multiplicatif utilisé lors du cycle des 5 grilles).
Mêmes conclusions que ci-dessus.

Nous voyons que dans l'ensemble cette épreuve favorise les élèves des niveaux A et C, défavorise légèrement les élèves de niveau B (la différence n'est toutefois pas nette) et défavorise très nettement les élèves les plus faibles.

Nous devons toutefois nuancer ce jugement en tenant compte du fait que seuls les élèves n'ayant pas, sur aucune grille, mobiliser leurs connaissances relatives aux écritures multiplicatives, sont réellement en échec. Nous décomptons 6 élèves relevant de ce cas. Ils se répartissent de la manière suivante :

- 4 élèves de niveau B (sur 9)
- 1 élève de niveau C (sur 3)
- 1 élève de niveau D (sur 3).

Nous constatons là encore un "déséquilibre" des résultats au dépend des élèves du groupe B. Il est toutefois difficile de conclure compte tenu de la faiblesse des effectifs des groupes C et D.

3°) Progrès réalisés par les élèves entre les phases 2 et 4

Nous avons vu que dans l'ensemble les élèves de la classe réinvestissaient leurs connaissances sur les écritures multiplicatives lors du post-test, et que cela se traduisait en moyenne, par davantage de réponses fournies, davantage de réponses exactes et davantage d'écritures ou de dénombrements de type multiplicatif. L'analyse précédente montre que ces progrès ne sont pas uniformes pour tous les élèves. Nous allons donc dans ce paragraphe nous intéresser plus particulièrement aux prestations réalisées par les élèves se trouvant encore nettement en difficulté au post-test; cela ne concerne pas les élèves de niveau A, cela concerne 6 élèves du niveau B, 2 de niveau C et 3 du niveau D (nous considérons qu'un élève se trouve encore en difficulté quand il n'arrive pas à produire, sur l'ensemble du cycle des 5 grilles du post-test, plus de 2 réponses exactes).

a) Nous sommes amenés à traiter à part 3 élèves (2 de niveau B et 1 de niveau C) qui adoptent dans au moins 4 cas sur 5 un dénombrement de type multiplicatif et fournissent dans les mêmes proportions des écritures de type multiplicatif, l'analyse des résultats du post test (cf.III-C-2°/)

montre que ces erreurs sont dues à un mauvais dénombrement des éléments d'une ligne ou d'une colonne et qu'elles sont de très faible amplitude. Nous pouvons donc considérer que ces élèves ont quand même nettement progresser entre les phases 2 et 4.

b) analyse des élèves ne réinvestissant pas leurs connaissances sur les écritures multiplicatives lors du post-test.

Cela concerne donc les six élèves cités ci-dessus. Nous constatons que deux de ces élèves ont abandonné au cours du cycle (l'un à la troisième grille, l'autre à la quatrième); ils sont tous les deux du niveau B. Les quatre autres adoptent la suite des dénombrements suivants :

ANGELA	D1 - DA1 - DA1 - D1 - D1	(niveau C)
CEDRIC	DA - D1 - D1 - DA1 - DA	(niveau D)
LAURENT	DA - D10 - DA - ? - ?	(niveau B)
JULIE	DA1 - D1 - DA - DA - DA	(niveau B)

Nous voyons que les tentatives pour effectuer des dénombrements additifs sont majoritaires, que seule Angela termine le cycle sur des dénombrements de type D1. Il y a donc là aussi un léger progrès dans le type de dénombrement adopté. Le temps (limité) impose à l'élève d'adopter un dénombrement plus efficace.

c) Nous constatons cette évolution positive chez les deux autres élèves du niveau D :

MOUNIA	D1 - DA - DA - DM - DM	(ces deux élèves n'adoptaient
OLPHA	D1 - DA - DA - D1 - DAM	que D1 à la phase n°2)

4°) Conclusions portant sur les différences, de comportement des élèves et de leurs résultats sur cette situation 1.

L'analyse précédente montre que ce cycle expérimental utilisant un outil informatique ne bouleverse pas en profondeur les niveaux de résultats des élèves.

Les élèves "bénéficiant" le plus de cette expérience sont les élèves du niveau A. Elle semble permettre aux élèves, habituellement en difficulté (niveau C et D), de progresser dans une certaine mesure (et surtout sur certains points) plus rapidement que certains élèves du niveau intermédiaire B. Toutefois la faiblesse des effectifs des groupes C et D, la relative

imprécision du classement en quatre catégories, des élèves de cette classe demande une vérification de ces résultats dans une autre expérience, et sur un échantillon plus large.

Nous pouvons toutefois penser que l'introduction d'un outil informatique dans la classe est susceptible de modifier les rapports entre l'enseignant et les enseignés, entre ces derniers et le savoir enseigné.

C ANALYSE DES DIFFERENCES DE RESULTATS ET DE COMPORTEMENTS LORS DE LA SITUATION 2 - LIEN AVEC LE NIVEAU SCOLAIRE

1°) Analyse des réponses des élèves en fonction du niveau scolaire

Tableau n°1 : pourcentage de réponses justes, répartition par niveau-scolaire

Niveau \ GRILLES	cycle a)				cycle b)			a)	b)	total
	1	2	3	4	5	6	7			
A (8 élèves)	6	8	5	6	6	2	8	25	16	41
B (10 élèves)	5	7	2	4	4	4	3	18	11	29
C (2 élèves)	/	1	1	1	1	1	1	3	3	6
D (3 élèves)	1	2	1	/	2	1	1	4	4	8
Total de la classe entière	12	18	9	11	13/22	8	13	50	34	84

cycle a) Nous voyons que globalement la hiérarchie des niveaux est conservée. Notons toutefois le peu de différence existant entre les réussites de groupes B, C et D et le meilleur résultat enregistré par les groupes C et D (de très faible effectif !) à la grille 3 qui semble être la plus difficile. De plus les résultats des groupes D et C sont très peu différents (D devance C en G1 et G2 : grilles les plus faciles).

cycle b) Les élèves des groupes C et D semblent réussir mieux que ceux du groupe B (mais l'effectif est faible !). Le groupe A reste en tête, notons la défaillance de ce groupe à la grille 6 (25 % de réussite, taux le plus faible), provenant d'une assurance trompeuse dans l'évaluation de visu, très vite rectifiée car le taux de réussite à la grille 7 est de 100 %.

globalement : Le groupe A est largement en tête, le groupe C (2 élèves !) obtient de meilleurs résultats que les groupes B et D qui sont sensiblement équivalents.

Il semble donc que cette épreuve permet dans une certaine mesure (notamment en fin de cycle) aux élèves de plus faibles niveaux (C et D) d'obtenir des résultats sensiblement équivalents à ceux de niveau intermédiaire (B). Les élèves de niveaux C et D progressent entre le cycle a) et b) contrairement

rement aux élèves de niveau A . C'est sans doute là, un effet positif provenant des répétitions de problèmes semblables.

2°) Analyse des stratégies, par groupe de niveau, mises en oeuvre par les élèves

a) répartition suivant les groupes de niveau, des différents "types de dénombrements"

Tableau n°2

Type	CYCLE A				CYCLE B			
	A	B	C	D	A	B	C	D
DM	32	32	6	9	27	28	6	9
D1M	/	1	/	2	/	2	/	/
D1G	/	1	/	1	/	/	/	/
D1GT	/	5	/	/	/	/	/	/
D1Ap	/	1	1	/	/	/	/	1
D1ApG	/	/	1	/	/	/	/	/
Total	32	40	8	12	27	30	6	9

Cycle a : Nous voyons que le groupe C est celui qui utilise le plus de dénombrement non multiplicatif (en proportion) alors que le groupe B et D. sont sensiblement équivalents (83 % et 92 %) et que le groupe A n'utilise jamais ces types de dénombrement. Un seul élève régresse dans les types de dénombrements adoptés au long du cycle a , c'est un élève de niveau B.

cycle b : tous les élèves adoptent un dénombrement multiplicatif, toutefois l'élève de niveau B cité précédemment hésite sur deux grilles (D1M).

Globalement : nous voyons que les élèves de niveau D s'adaptent plus vite que ceux de niveaux B et C. Là encore il semble que cette activité permette un certain nivellement des niveaux B,C et D, sans toutefois rattraper le niveau A.

b) Utilisation de la touche E

70 % des élèves de niveau B utilisent la touche E dans le cycle a, contre 67 % d'élèves de niveau D, 50 % d'élèves de niveau C et 38 % d'élèves de niveau A. Nous voyons ici que les élèves de niveaux B,D,C (par ordre) se montrent plus prudents ou ont plus besoin de données supplémentaires que les élèves de niveau A (ayant parfaitement compris la tâche à effectuer pour ce cycle).

cycle b - Dans 54 % des cas les élèves du groupe A utilisent la touche E, contre 43 % pour le groupe B, 40 % pour le groupe C et 67 % pour le groupe D. Ainsi c'est le groupe D et le groupe A qui font l'usage le plus important de la touche E, les niveaux B et C sont identiques sur ce point. Notons que les deux élèves n'utilisant pas la touche E sur l'ensemble des 7 grilles sont d'une part 1 élève de niveau B et d'autre part 1 élève de niveau C. 3 élèves de niveau B, 1 élève de niveau A et 1 de niveau D ne se servent pas de E au cycle b. Nous ne pouvons conclure sans analyser les types d'évaluation

c) Répartition par groupe de niveau des différents types d'évaluation.

(J représente le nombre de réponses justes par ce type d'évaluation).

Tableau n° 3

Nombre type	CYCLE A								CYCLE B							
	A		B		C		D		A		B		C		D	
		J		J		J		J		J		J		J		J
Ev.Ta	/	/	6	/	2	/	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
E.V.T.	1	/	5	1	1	/	1	/	15	8	25	5	5	3	6	2
E.V.T.Pa	/	/	1	/	/	/	/	/	7	6	9	2	/	/	2	1
Me1	1	1	1	/	3	/	3	1	1	1	1	1	/	/	1	1
N	30	24	26	17	6	3	4	2	1	1	4	4	/	/	/	/

Cycle b - Les élèves de niveaux C et D utilisent davantage E.V.T. que ceux des niveaux A et B, les élèves de niveaux B et C utilisent E.V.Pa sensiblement de la même façon avec plus de succès pour le niveau D, les élèves de niveaux A utilisent E.V.T.Pa dans 30 % des cas avec un fort taux de réussite. Les cas de non-évaluation de visu sont identiques en gros pour les niveaux A,B et D (5 %, 13 % et 11 %) et inexistant pour le niveau C.

Notons une rapide adaptation au problème pour les élèves de niveau A qui après un échec en G6, évaluent partiellement de visu en G7 avec un succès total, cette adaptation n'est pas aussi nette pour les niveaux B et D

et absente chez les élèves de niveau C. Nous remarquons ici que les élèves de niveau A affinent leur technique d'évaluation de visu, que cette épreuve permet aux élèves de niveau D d'atteindre des performances équivalentes à ceux de B, que les deux élèves de niveau C semblent légèrement stagner.

Cycle a : Notons que les élèves de niveaux B et D, utilisent moins souvent E.V.Ta que ceux de niveau C. Les élèves de niveau A n'évaluent pas de visu (97 % des cas). Viennent ensuite par ordre les élèves de niveau D (75 % des cas), les élèves des niveaux B et C (respectivement 68 % et 63 %). Nous constatons là encore que cette épreuve nivelle les niveaux B, C et D.

Plus généralement nous constatons que lors de cette épreuve, les élèves de niveau A adoptent les meilleurs techniques pour dénombrer les éléments d'une ligne et/ou d'une colonne (évaluation partielle ou non évaluation de visu), que globalement les élèves de niveau C, B et D adoptent des stratégies d'évaluation de visu semblables.

3°) Conclusions

Que ce soit sur les résultats ou sur les stratégies, cette situation montre

- d'une part que les meilleurs élèves (niveau A) restent assez nettement les meilleurs élèves à cette épreuve,
- d'autre part, un uniformisation des résultats obtenus et de stratégies adoptées par les élèves des niveaux B, C et D. Il faut toutefois signaler que la faiblesse des effectifs des groupes C et D ne nous permet pas de conclure de manière certaine sur ce point.

Ces conclusions confirment celles effectuées précédemment pour la situation n°1.

D) ETUDE DES COMPORTEMENTS DES ELEVES EN FONCTION DE
L'ORIGINE SOCIO-PROFESSIONNELLE

1°) Remarque sur la corrélation entre origine sociale et niveau scolaire des élèves

Compte tenu du départ et de l'arrivée de plusieurs élèves entre la passation de la situation 1 et 2, la corrélation entre origine sociale et niveau scolaire est légèrement différente pour la situation n°2, cette corrélation a été étudiée (p.149) pour la première situation.

niveau scolaire Origine	A	B	C	D	TOTAL
ouvriers employés (OE)	0	1	0	3	4
cadre moyen (CM)	3	1	0	0	4
enseignant (EG)	4	2	1	1	8
cadres supérieurs (CS)	1	6	/	/	7
TOTAL	8	10	1	4	23

Nous dénombrons donc un élève de moins dans la catégorie Ouvriers-employés et un de plus dans la catégorie Enseignants, cela ne change toutefois pas les remarques faites p. 150 en A-3/.

Nous adopterons pour l'analyse qui va suivre un plan identique à celui effectué lors de l'analyse des comportements des élèves en fonction du niveau scolaire.

2°) Etude des résultats de la situation n°1

a) analyse des résultats de la 2ème phase (EXP)

Tableau n°1

Moyenne Origine	Réponses données	Réponses justes	type d'écritures
OE	3,6	1,6	4 E.N.
CM	5	3,25	2 E.N. 2 E.M.
EG	3,71	2	6 E.N. 2 E.M.
CS	2,86	1,43	6 E.N. 1 E.M.
"Total" (classe)	3,65	1,96	5 E.M. 18 E.N.

Nous constatons que les élèves :

. dont les parents sont cadres moyens obtiennent des résultats nettement supérieurs à la moyenne (cela provient de leur connaissance préalable de la multiplication)

. dont les parents sont enseignants ou ouvriers/employés obtiennent des résultats proches de la moyenne de la classe (avec toutefois) un plus faible résultat pour la catégorie O.E. en ce qui concerne le nombre d'écritures multiplicatives et de réponses justes).

. dont les parents sont cadres supérieurs obtiennent des résultats assez nettement inférieurs à la moyenne de la classe bien que leur niveau scolaire soit très largement B (5 sur 7).

b) analyse de l'utilisation des commandes A,M,P,T

Tableau n°2

GRILLE		1	2	3	4	5	6	7	Total
A	OE	1	4	4	2	1	1	0	13
	CM	1	2	2	1	2	1	0	9
	EG	3	4	3	3	2	2	2	19
	CS	5	2	1	1	0	1	2	12
	Total	10	12	10	7	5	6	4	53
M	OE	1	0	0	0	0	3	4	8
	CM	1	0	1	1	1	2	3	9
	EG	0	0	1	2	2	1	1	7
	CS	1	3	2	2	1	2	2	13
	Total	3	3	4	5	4	8	10	37
P	OE	1	1	0	2	2	0	0	6
	CM	1	0	0	1	1	1	0	4
	EG	1	1	1	0	0	1	1	5
	CS	0	2	3	2	2	1	1	11
	Total	3	4	4	5	5	3	2	26
M	OE	2	0	1	1	2	1	1	8
	CM	1	2	1	1	0	0	1	6
	EG	3	2	2	2	3	3	3	18
	CS	1	0	1	2	4	3	2	13
	Total	7	4	5	6	9	7	7	45

La catégorie OE ne présente pas de différence sensible, avec la moyenne de la classe, pour l'utilisation des commandes (60 % de ces élèves utilisent A et M contre 57 % et 40 % utilisent les commandes P et T au lieu de 43 %).

La catégorie CM semble avoir mieux perçu, que l'ensemble de la classe, l'intérêt des commandes A et M (64 % au lieu de 57 % - et ceci surtout au profit de la commande M). Les élèves de cette catégorie font preuve de prudence.

La catégorie EG prend plus de risques (14 % d'utilisation de M au lieu de 23 %, et 37 % d'utilisation de T au lieu de 27 %). Notons que les élèves utilisant T sont des élèves possédant des connaissances extra-scolaires sur la multiplication.

La catégorie CS prend davantage de risques que les précédentes (49 % d'utilisation des commandes P et T au lieu de 43 %).

En définitive, la catégorie CS semble être la catégorie qui s'adapte le moins bien aux commandes, la catégorie CM : celle qui en tire le plus de profit.

c) analyse des types de dénombrements

Dénombre- ments catégorie	D1	DA1	DA	D10	DAM	DM	Total
OE	32	2	0	1	0	0	35
CM	4	1	3	5	0	13	26
EG	20	5	6	3	1	11	46
CS	25	9	1	7	1	6	156

Les élèves de la catégorie OE n'utilisent pas de dénombrement multiplicatif par contre dans 91 % des cas utilisent D1 (ils sont très défavorisés).

Par contre les élèves de la catégorie CM semblent les plus "favorisés" et mettent en oeuvre dans 50 % des cas des dénombrements multiplicatifs et dans 35 % des cas des dénombrements de type additif.

Les élèves de la catégorie EG utilisent moins de dénombrement D1 que la moyenne de la classe (43 % contre 51 %) et davantage de dénombrements additifs; deux élèves mettent en oeuvre des dénombrements multiplicatifs.

Les élèves de la catégorie CS ne présentent pas de différence sensible par rapport à la moyenne de la classe (sauf en ce qui concerne les dénombrement D10).

Là encore les élèves de la catégorie CM sont les plus efficaces mais le faible taux (4 élèves) ne nous permet pas de conclure.

d) lien entre l'utilisation des commandes et le type de dénombrement adopté

dénombrements caté- gorie de		D1	DA1	DA	D10	DAM	DM	Total
A	OE	11	2	0	0	0	0	13
	CM	3	1	1	2	0	2	9
	EG	11	2	5	1	0	0	19
	CS	7	4	0	0	1	0	12
M	OE	8	0	0	0	0	0	8
	CM	1	0	1	3	0	4	9
	EG	4	1	0	0	1	1	7
	CS	7	1	0	2	0	3	13
	Total	21	1	2	5	1	8	38
P	OE	6	0	0	0	0	0	6
	CM	0	0	0	0	0	4	4
	EG	2	1	0	1	0	0	4
	CS	6	2	0	1	0	0	9
	Total	14	1	2	2	0	4	23
T	OE	7	0	0	1	0	0	8
	CM	0	0	1	0	0	3	4
	EG	3	1	1	1	0	10	16
	CS	5	2	1	3	0	3	14
	Total	15	2	4	4	0	16	41
T O T A L	OE	32	2	0	1	0	0	35
	CM	4	1	3	5	0	13	26
	EG	20	5	6	3	1	11	46
	CS	25	9	1	7	1	6	49
	Total	81	11	16	16	3	30	156

Les "élèves" OE associent moins les dénombrements D1 avec la commande A et M (ils semblent en avoir moins perçu l'efficacité 59 % au lieu de 65 %).

Les "élèves CM" se montrent là encore très prudents (100 % d'association D1/M et A) de même pour D10/M et A, 46 % d'association DM/M et A au lieu de 42 %).

Les "élèves EG" associent davantage D1 et les commandes M et A que le reste de la classe (75 % contre 65 %), la tendance est inversée en ce qui concerne l'association dénombrements additifs/commandes A et M (50 % au lieu de 62 %), ils se montrent très sûrs d'eux lorsqu'ils possèdent le dénombrement multiplicatif (90 % d'association DM/commande T contre 52 %).

Les "élèves CS" se montrent là aussi moins "prudents" que les élèves des autres catégories.

e) conclusion portant sur la phase n°2 de la situation n°1

Les élèves de la catégorie OE sont défavorisés dès le départ par leur non connaissance de la multiplication, ils ne semblent pas adopter aussi bien que la moyenne de la classe les commandes à leur stratégie de dénombrement. Toutefois le nombre de réponses fournies et le nombre de réponses justes est sensiblement le même que celui de l'ensemble de la classe et ceci malgré le fait qu'ils se situent essentiellement dans les niveaux C et D en mathématiques.

Les élèves de la catégorie CM sont par contre favorisés par leurs connaissances extra-scolaires, ils font preuve de prudence et d'efficacité dans l'utilisation des commandes, cela se traduit par de meilleurs résultats.

Les élèves de la catégorie E.G. enregistrent des résultats peu différents de ceux enregistrés par la moyenne de la classe, ils utilisent plus efficacement la commande A et montre beaucoup d'assurance dans l'utilisation de T conjointement à un dénombrement de type multiplicatif.

Enfin les élèves de la catégorie C.S., peu défavorisés au départ, enregistrent des résultats inférieurs à la moyenne de la classe. Ils associent moins bien les dénombrements et les commandes et ceci malgré un niveau scolaire plus élevé que les "élèves O.E.".

f) Analyse des résultats de la 4ème phase de la situation n°1

α) analyse des réponses fournies par les élèves au post-test (moyenne par catégorie)

Moyenne catégorie	nombre de réponses données	nombre de réponses exactes	type d'écritures (E.M.)	dénombrement multiplicatif
O.E.	2,4	1,4	1,2	2,6
C.M.	4,5	4,5	4,5	4,75
E.G.	3,29	2,29	2,86	3,57
C.S.	2,57	1,71	2,57	2,86
Moyenne de la classe	3,09	2,3	2,96	3,35

Nous constatons que les élèves de la catégorie O.E. (en majorité de niveau scolaire C et D) obtiennent des résultats nettement inférieurs à ceux obtenus par la moyenne de la classe.

Les élèves de la catégorie C.M. obtiennent eux, des résultats nettement supérieurs à la moyenne de la classe. Ils bénéficient davantage de la phase 2 et 3 de l'expérience et des prérequis.

Les élèves de la catégorie E.G. obtiennent des résultats conformes à la moyenne.

Les élèves de la catégorie C.S. sont un peu moins sanctionnés que les "élèves O.E." toutefois leur niveau scolaire général en mathématiques est plus élevé (on retrouve ici les conséquences des résultats enregistrés par les élèves de niveau B).

R) étude des élèves ne réinvestissant pas leurs connaissances sur la multiplication

Sur 6 élèves dans ce cas, nous trouvons :

- 2 fils d'enseignants (de niveau B) (sur 7)
- 1 fils d'ouvrier/employé (de niveau D) (sur 5)
- 3 fils de cadres supérieurs (1 de niveau C, 2 de niveaux B) (sur 7)

Toutes proportions gardées, nous constatons que les "élèves O.E." progressent davantage (en proportion) que ceux des catégories E.G. et C.S. bien qu'ils conservent des types de dénombrement ou d'écritures "plus archaïques" (D1 ou E.N.).

Les enfants de catégorie C.S. sont nettement désavantagés par cette épreuve, toutefois ils enregistrent des résultats supérieurs à ceux de la catégorie O.E. (est-ce un effet des acquis extra-scolaires?).

Nous ne pouvons évidemment pas généraliser ces résultats compte tenu de la faiblesse de l'effectif testé.

g) Conclusions

Nous pouvons constater que cette situation 1 permet à des élèves de catégories modestes, tout en conservant des stratégies mal adaptées et en enregistrant des résultats inférieurs à la moyenne de la classe, de progresser (en proportion) davantage que ceux des autres catégories. Les bons résultats enregistrés par les élèves de la catégorie C.M. proviennent des connaissances préalables de ces élèves sur la multiplication. Par contre, les "élèves C.S." semblent sanctionnés (ceci compte tenu de leur niveau scolaire).

3°) Etude de la situation n°2

a) nombre de réponses exactes

origine	cycle a				cycle b			a	b	Total
	1	2	3	4	5	6	7			
OE (4 élèves)	1	3	/	/	3	2	1	4	6	10
CM (4 élèves)	4	4	3	4	2	1	4	15	7	22
EG (8 élèves)	5	6	5	3	5	4	6	19	15	34
CS (7 élèves)	3	5	1	3	3	1	3	12	7	19
Total (23 él.)	13	18	9	10	13	8	14	50	35	85

Les élèves "OE" obtiennent des résultats inférieurs à la moyenne de la classe sauf aux grilles 5 et 6 du cycle b, ils semblent bénéficier de l'effet répétitif de l'épreuve.

Les élèves "CM" obtiennent à cette situation n°2, là encore, des résultats nettement supérieurs à ceux de l'ensemble de la classe.

Les élèves "EG" semblent eux aussi bénéficier de l'effet de répétition notamment au cycle b).

Les élèves "CS" semblent défavorisés, lors des 2 cycles (bien que légèrement moins que les élèves "OE"). Nous retrouvons ici la tendance enregistrée aux deux phases de la situation n°1. Notons que contrairement aux élèves "OE", il n'y a pas de progrès entre les cycles a/ et b/.

Globalement nous voyons que les élèves de la catégorie CM, grâce à leurs connaissances préalables, conservent très nettement leur avantage, les élèves de la catégorie EG se situent dans la moyenne de la classe tandis que les élèves des catégories OE et CS enregistrent des résultats inférieurs, les premiers profitant mieux de l'effet répétitif de la situation.

b) Analyse des stratégies en fonction de l'origine sociale

i) répartition des différentes stratégies de dénombrement.

Type	CYCLE A				CYCLE B			
	OE	CM	EG	CS	OE	CM	EG	CS
DM	12	16	31	20	11	12	24	19
DAM	2	/	/	1	/	/	/	2
D1G	1	/	/	/	/	/	/	/
D1GT	/	/	/	6	/	/	/	/
D1 Ap	1	/	/	/	/	/	/	/
D1 Ap G	/	/	1	1	/	/	/	/

Les élèves des catégories CM et EG adoptent immédiatement un dénombrement multiplicatif, tandis que les élèves des catégories OE et CS utilisent d'autres techniques, là encore les élèves "OE" semblent s'adapter plus vite que les élèves CS.

- ii) utilisation de la touche E (nombre d'élèves, par catégorie, utilisant cette touche, par grille, par cycle).

catégorie		OE (4 élèves)	CM (4 élèves)	EG (8 élèves)	CS (7 élèves)	Total
grilles						
cycle a	1	4	/	4	1	9
	2	1	/	/	2	3
	3	1	/	2	4	7
	4	1	/	2	2	5
	5	1	/	2	2	5
cycle b	6	2	2	4	2	10
	7	4	4	5	5	18

analyse du cycle a : nous voyons que, en proportion, ce sont les élèves des catégories OE et CS qui ont davantage besoin d'informations supplémentaires sur l'état de la grille (respectivement dans 44% et 32% des cas, les élèves utilisent la touche E). Les élèves "EG" ne font usage de cette touche que dans 25 % des cas, les élèves "CM" ne l'utilisent jamais.

analyse du cycle b : les élèves "OE" utilisent davantage la touche E (dans 64 % des cas) que les élèves des catégories CM, EG et CS (respectivement : 50 %, 46 % et 43 % des cas).

Globalement : un élève de catégorie OE et un élève de catégorie CS n'utilisent jamais la touche E (2 élèves "EG" et 2 élèves "CS" ne l'utilisent pas au cycle b).

Nous voyons que cette utilisation est surtout nécessaire pour les élèves de la catégorie "OE" (élèves plus en difficulté) et que les élèves de la catégorie "CM" l'utilisent (quand c'est nécessaire) pour obtenir plus de renseignements et pour être plus efficace. Cette touche semble donc permettre aux élèves les plus défavorisés d'obtenir plus d'informations et par là même de fournir une réponse (pas forcément juste !).

- iii) répartition, par origine sociale, des différents types "d'évaluation", efficacité de ce type "d'évaluation".

	CYCLE A				CYCLE B			
	OE		CM		EG		CS	
	J		J		J		J	
EV Ta	3	/	/	/	1	/	6	/
EVT	2	/	/	/	2	/	5	1
EVT Pa	/	/	/	/	/	/	1	/
Me1	5	1	1	1	2	/	/	/
N	6	4	15	14	28	18	15	11

analyse du cycle a : Dans respectivement 1/5 et 1/4 des cas, les élèves des catégories OE et CS ne comprennent pas la tâche à effectuer, ce type d'incompréhension n'existe pas pour les deux autres catégories (ou presque).

Les élèves de la catégorie OE évaluent de visu moins que ceux de la catégorie CM (mais cela sans succès !)

Les élèves des deux autres catégories n'évaluent pas de visu (ou presque pas) avec des résultats meilleurs pour la catégorie CM.

analyse du cycle b : . Tous les élèves ont compris la tâche à effectuer.

. En ce qui concerne le pourcentage d'élèves n'évaluant pas de visu, il n'y a pas de différence notable entre les catégories OE, EG et CS, là encore, les élèves CM se distinguent par un meilleur résultat.

. Pas de différence importante pour "l'évaluation E.V.T. Pa" (les élèves des catégories CM et EG semblent plus efficaces).

. Pour "l'évaluation E.V.T." nous avons l'ordre :
EG > OE > GS (avec toutefois une plus faible réussite pour ces derniers).

Globalement : les élèves de la catégorie CM s'avèrent les plus efficaces, viennent ensuite les catégories EG, OE et CS, toutefois on constate un nivellement des stratégies et de l'efficacité de ces 3 dernières catégories.

c) conclusions portant sur la situation N°2

Le groupe CM est nettement en tête, que ce soit pour la justesse des réponses, pour l'adaptation au problème ou l'efficacité des stratégies adoptées.

Les élèves de la catégorie OE obtiennent moins de réponses justes que les autres catégories, toutefois ils semblent mieux s'adapter au problème, ils semblent utiliser mieux les ressources du didacticiel que les élèves de la catégorie CS (de niveau scolaire meilleur).

Les élèves de la catégorie EG se situent entre les catégories CM d'une part et OE et CS d'autre part, ils utilisent moins les avantages de la touche E que les autres catégories (c'est là sans doute un effet du "score").

Nous retrouvons dans cette situation n°2, les tendances dégagées lors de la situation N°1.

Les possibilités d'action (essai/erreur, recherche d'informations) offerte par ce logiciel semblent permettre aux élèves les plus défavorisés de progresser davantage que les autres, de trouver de nouvelles stratégies de résolution, sans que cela se traduise par des résultats significatifs pour autant.

ANALYSE DE LA CLASSE
DE CE1 DE L'ÉCOLE D'
APPLICATION DE LA RUE
E. COTON - PARIS 20E

ANALYSE DES DIFFERENCES DE RESULTATS ET DE COMPORTEMENTS LORS
DE LA SITUATION N°2, LIEN AVEC LE NIVEAU SCOLAIRE

Nous allons adopter le même plan que pour la partie IV-1-C/.

1°) Analyse des réponses des élèves en fonction du niveau scolaire

Tableau n°1 : nombre de réponses justes, répartition par niveau scolaire

Niveau	cycle a				cycle b			a)	b)	total
	1	2	3	4	5	6	7			
A (8 élèves)	5	7	3	3	5	2	1	18	8	26
B (2 élèves)	1	1	1	-	2	-	-	3	2	5
C (4 élèves)	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
D (3 élèves)	-	2	-	-	-	-	-	2	0	2

- Les élèves de niveau A obtiennent les meilleurs résultats sur le cycle a) et sur le cycle b, et de ce fait sur l'ensemble du cycle de 7 grilles.
- Les élèves de niveau B (2 élèves) réussissent dans une proportion de 1/3 au cycle a et au cycle b).
- Les élèves de niveau C sont en échec total.
- Les élèves de niveau D ne réussissent que la grille 2.

Cette épreuve conserve les niveaux scolaires, elle se manifeste par un rude échec des élèves de niveau faible (et même de niveau B), notamment en ce qui concerne les élèves de niveau C (enregistrant des résultats plus faibles que ceux de niveau D).

2°) Analyse des stratégies, lien avec les niveaux scolaires

a) répartition suivant les niveaux des différentes stratégies de dénombrement

Tableau n°2 :

TYPE	cycle A				cycle B			
	A	B	C	D	A	B	C	D
DM	31	8	6	5	21	16	6	3
DIM	/	/	2	/	/	/	/	/
DIG	/	/	2	1	/	/	/	/
DIGT	/	/	3	/	/	/	/	/
DIAp	/	/	/	/	/	/	3	2
DIApG	/	/	3	2	/	/	3	2

- Nous constatons que les élèves des niveaux A et B adoptent immédiatement et conservent dans tous les cas des dénombrements DM, les élèves des niveaux C et D adoptent des stratégies de dénombrement sensiblement identiques, conservant un fort taux de dénombrements inadéquats à la situation.
- Nous notons donc une cassure entre les niveaux A et B d'une part et les niveaux C et D d'autre part, ces derniers étant plus nettement en échec. Le groupe D semble toutefois obtenir de meilleurs résultats que le groupe C (pour le cycle a)).

b) Utilisation de la touche E

- cycle a :
- 2 élèves du groupe D utilisent pour une seule grille la touche E (22 % des cas),
 - tous les élèves du groupe C utilisent E (sans succès) (56 % de cas d'utilisation),
 - les 2 élèves du groupe B utilisent E pour une seule grille (25 %), une utilisation permet d'obtenir un résultat exact,
 - 4 élèves du groupe A utilisent E (25 % de cas d'utilisation), cette utilisation se traduit dans 63 % des cas par un résultat exact.

Nous constatons que les élèves en difficulté recourent à la touche E (groupe C), mais n'en tirent pas de bénéfices, au contraire des élèves des niveaux A et B qui l'utilisent moins mais avec plus de succès.

cycle b :

- 3 élèves de niveau A utilisent E dans 5 cas de grilles (24 % d'utilisation) cette utilisation se traduit par 60 % de succès;

- aucun élève de niveau B utilise E,
- 3 élèves de niveau C utilisent E pour 5 grilles (41 %) sans succès,
- 1 seul élève de niveau D utilise E à la 7ème grille sans succès.

Nous constatons que la touche E permet aux élèves en difficulté de rechercher des données supplémentaires mais que seuls les meilleurs élèves (niveau A) savent tirer profit de cette utilisation. Nous retrouvons ici la même conclusion que pour le cycle a).

La compréhension de la tâche à effectuer, la difficulté à réinvestir les connaissances empêchent les élèves les plus faibles de tirer parti de l'utilisation de la touche E.

c) répartition par groupe de niveau des différentes stratégies d'évaluation

Tableau n°3 (idem page 162) ces résultats ne portent que sur les stratégies ayant pu être déterminées de façon précise

C O N C L U S I O N S

Type	CYCLE A								CYCLE B							
	A		B		C		D		A		B		C		D	
	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
E.V.Ta	/	/	/	/	/	/	2	/	/	/	/	/	3	/	/	/
E.V.T.	8	2	2	/	4	/	1	/	20	8	6	2	8	/	3	/
E.V.T.Pa	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	/	/	/	/	/	/
Mel	3	/	2	1	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
N	20	1	4	2	2	/	5	2	/	/	/	/	/	/	/	/
Non observé	/	/	/	/	1	/	3	/	/	/	/	/	11	/	3	/

- Nous constatons là encore une grande différence entre les résultats des groupes A et B d'une part et des groupes C et D d'autre part (avec des stratégies meilleures et plus efficaces en D qu'en C).

3°) Conclusions

A la lecture de l'analyse faite ci-dessus, nous constatons que cette épreuve sélectionne les élèves en deux groupes distincts, les élèves de niveau A et B et les élèves de niveau C et D, parmi ces deux groupes, les élèves de niveau A obtiennent de meilleurs résultats que les élèves de niveau B et les élèves de niveau D de meilleurs résultats que ceux de niveau C.

Nous retrouvons ici un élément de la conclusion portant sur l'analyse de la situation n°2, les possibilités d'action offertes aux élèves par le logiciel n'ont de résultats que dans la mesure où le degré de connaissances, lié aux écritures multiplicatives ou aux possibilités de résoudre les problèmes liés à l'évaluation de visu d'une part, la capacité à trier des données pertinentes d'autre part, ne font pas obstacle à l'exploitation de l'action.

L'étude des situations 1 et 2 nous amène à tirer un certain nombre de conclusions sur l'apport de l'outil-ordinateur dans l'apprentissage des écritures multiplicatives et plus généralement nous amène à poser des questions sur l'utilisation de didacticiels dans l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire.

1°) Conclusions portant sur les situations 1 et 2.

a) l'ordinateur permet le contrôle, par le maître, de la variable didactique : temps.

Nous avons essayé de créer, dans la situation 1, un déséquilibre entre un cadre graphique (représentation d'une collection en grille rectangulaire) et un cadre numérique (dénombrement des éléments de cette collection); la rééquilibration devant être facilitée par le contrôle, par le maître et à l'aide de l'ordinateur, du temps de réponse laissé aux élèves.

L'analyse des résultats nous amène à conclure à l'effet positif de cet aspect. L'ordinateur permet de construire aisément un tel processus de déséquilibre/rééquilibrage, or il est très difficile pour le maître, de gérer précisément le facteur temps, sans l'aide de l'outil informatique, comme en témoignent la gestion et l'exploitation des activités de calcul mental utilisant le procédé Lamartinière par exemple.

Le contrôle du temps allié aux possibilités d'exploration de la grille a permis d'obtenir une mobilisation des connaissances disponibles chez les élèves. La possibilité offerte aux élèves ne pouvant mobiliser des connaissances sur la multiplication, d'avoir une action sur l'affichage (notamment de ralentir ce dernier) et par là-même de mettre en oeuvre certaines stratégies et même de fournir des réponses exactes permet :

- d'une part d'éviter une mise en échec systématique de ces élèves,
- d'autre part, lors de la phase d'exploitation (phase 3 de la situation 1), permet une confrontation exacerbée des stratégies qui justifiera la construction de nouvelles connaissances, de nouvelles pratiques ou techniques.

b) l'ordinateur permet de jouer sur le nombre d'exemplaires d'une même situation

Nous constatons dans les deux situations, un progrès sensible dû à l'effet de répétition du même problème, il y a pratiquement toujours (exception faite pour la classe de Madame Goutard - situation 2) une amélioration dans la production des élèves. Là encore, l'ordinateur permet, à moindre frais, de fournir à l'élève un nombre important d'exemplaires isomorphes d'un même problème. Cet outil permet de plus de jouer, sur la dimension des nombres intervenant dans l'activité (voir situation n°1), ou de transformer le problème posé en un problème similaire mais légèrement différent (voir : cycle a/ et cycle b/ de la situation n°2).

Signalons que notre expérience ne permet pas de déterminer de façon précise le domaine de variation du nombre d'exemplaires d'une même situation à proposer pour que l'effet soit indéniablement positif; ce dernier dépend du moment choisi dans la progression, de la nature du concept enseigné, de l'élève lui-même.

c) l'ordinateur permet une meilleure utilisation du graphisme

Nous avons exploité les possibilités graphiques à trois niveaux :

- (i) pour remédier aux difficultés manipulatoires rencontrées par les élèves lors d'activités semblables n'utilisant que des outils traditionnels;
- (ii) pour permettre à l'élève d'avoir une action lui permettant de résoudre le problème posé;
- (iii) pour apporter un élément graphique de validation.

Essayons d'évaluer leur impact.

(i) Les élèves n'ont évidemment plus rencontré les mêmes difficultés qu'ils auraient rencontrées sans ordinateur, la situation 2 montre que les obstacles graphiques (mauvais alignement des croix à afficher, erreurs dues à un dessin imprécis etc...) sont éliminés. Toutefois de nouveaux obstacles apparaissent parfois, obstacles dus à l'utilisation de l'ordinateur :

- difficulté de lecture à l'écran,
 - erreurs de dénombrement dues à cette mauvaise lecture,
 - mauvaise prise en compte, dans certains cas, des messages d'erreurs signalés à l'écran (les élèves ont parfois du mal à visionner tout l'écran).
- Malgré ces réserves, l'apport semble positif.

(ii) Lors de la situation n°1, l'action de l'élève porte sur l'exploration de la grille en fonction du temps d'affichage de celle-ci. L'analyse des résultats montre que les élèves mettent en oeuvre des stratégies locales leur permettant dans une certaine mesure, d'apporter des éléments de réponse.

De même, dans la situation n°2, l'utilisation de la touche E, permet à l'élève d'obtenir des informations supplémentaires, qui lui permettent de prendre un minimum de risques afin de répondre à la question posée. Notons toutefois que dans ce dernier cas, il est possible que la régularité du graphisme (allié au phénomène de compétitivité avec l'ordinateur) le conduise à sous-estimer les "risques".

(iii) Les conclusions portant sur la situation n°2 montrent que les éléments graphiques de "correction" (affichage d'une grille dont les dimensions correspondent à la réponse erronée fournie par l'élève) semblent avoir un effet positif, à condition toutefois que le maître soit présent lors de la passation, pour les expliciter si le besoin s'en fait sentir.

Pour conclure sur ce point, nous pensons que les possibilités graphiques offertes par ce type d'instrument permettent, dans une certaine mesure, d'apporter une aide significative à l'élève.

d) l'apport de l'ordinateur pour les recherches en didactique

Dans notre recherche, l'utilisation de l'ordinateur nous a permis :

- de mieux cerner les variables didactiques intervenant dans la gestion d'une situation (notamment la variable temps);
- de mieux cerner les données, les informations que l'élève jugeait pertinentes pour résoudre un problème donné,
- de conserver et de rappeler, de façon sûre, certaines données permettant de reconstruire les différentes stratégies mises en oeuvre par les élèves (notamment par prise sur fichier). Toutefois cette aide ne saurait remplacer l'observation directe des actions des élèves.

e) l'ordinateur et le comportement des élèves

Le chapitre IV de cette étude ne permet pas, compte tenu de la faiblesse et de la composition même de l'effectif testé d'apporter des réponses certaines aux questions qui se posent sur l'aide que peut apporter l'introduction de l'informatique aux élèves en difficulté.

Notre étude n'est ici qu'une étude clinique, elle ne prétend pas être une étude statistique. Il nous a paru toutefois intéressant, du fait des déclarations faites sur ce sujet, de regarder en détail quel pouvait être l'impact de cet outil.

Tout d'abord, nous n'avons pas étudié l'influence de l'apprentissage de la programmation en tant que tel, sur les processus d'apprentissage des élèves. Soulignons toutefois, que lors de la situation n°1, les élèves se sont révélés capables, dans une certaine mesure, de maîtriser un ensemble relativement complexe d'ordres à donner à la machine. La complexité de cet ensemble n'a pas toutefois permis, à ces mêmes élèves, d'élaborer des stratégies de résolution portant sur l'ensemble du cycle des sept grilles.

Résumons les conclusions du chapitre IV.

Les deux situations semblent favoriser davantage les élèves de bon niveau scolaire (niveau A) que les autres. Nous constatons d'autre part un nivellement des résultats des autres niveaux (B, C et D), résultat qu'il faut toutefois nuancer par une donnée : la "fraîcheur" des connaissances mises en oeuvre dans l'activité, les résultats sont en effet moins nets, pour la situation 2, dans la classe de CE 1 de Madame Goutard, que dans la classe de CE 2 de Monsieur Boyer. Enfin les élèves en plus grande difficulté, niveau D et d'origine sociale défavorisée semblent davantage utiliser les ressources des logiciels que les autres, sans toutefois obtenir pour autant des résultats significativement meilleurs. Les possibilités offertes par l'ordinateur leur permet, tout en conservant des procédures "primitives" de fournir des éléments de réponse parfois judicieux.

Pour finir ce premier aspect de nos conclusions, signalons que l'introduction des écritures multiplicatives à l'aide des logiciels présentés dans notre recherche ne règle pas le problème de la durée nécessaire à la construction du concept même d'écriture multiplicative. La construction de cette notion prend beaucoup de temps, elle nécessite des activités diverses portant sur la manipulation du langage introduit et ne peut être "réglée" lors de deux activités seulement. Nous renvoyons sur ce point le lecteur au premier chapitre de cette étude.

2°) Quelques réflexions d'ordre général sur l'introduction de didacticiels dans l'apprentissage de notions mathématiques.

* L'ordinateur est un outil permettant de faire intervenir plusieurs cadres dans une activité visant à la construction d'une notion mathématique. En effet, cet instrument permet notamment de lier dans une même activité les cadres graphique et numérique. Nous pensons que la situation 1 est un exemple de jeu de cadres où l'ordinateur apporte un élément nouveau : le contrôle par le maître du temps. Comme nous l'avons déjà souligné, ce n'est pas la seule manière de construire une situation de ce type (voir chapitre I et chapitre II).

* L'ordinateur permet de jouer sur le nombre d'exemplaires d'un même problème, de ce fait il permet de modifier certaines données (numériques, graphiques) intervenant dans l'activité. L'expérience que nous avons faite nous amène à penser qu'il serait judicieux de prévoir un didacticiel permettant à l'élève, de pratiquer des feedback, de plus il serait sans doute intéressant d'utiliser cet outil comme mémoire de l'élève, rappelable à tout instant par ce dernier. On peut même envisager de constituer pour certains problèmes, une mémoire collective de la classe, mémoire portant sur l'état de résolution d'un problème ou d'une classe de problèmes, et permettant de visualiser et/ou de résumer les stratégies mises en oeuvre pour le(s) résoudre.

* Nous avons déjà souligné dans le paragraphe précédent que cet outil permettait à l'élève d'effectuer une action sur un graphique. Cette action lui permet d'élaborer des stratégies de résolution, d'anticiper sur le résultat et de tester les différents essais effectués, de même elle lui permet d'obtenir des renseignements, des informations supplémentaires.

Nous n'avons ici utiliser que les possibilités graphiques de l'ordinateur pour cette question, il est possible également d'utiliser l'ordinateur pour effectuer des calculs intermédiaires (comme calculatrice en interaction avec l'élève). Cet aspect du problème sera traité lors d'une recherche ultérieure (construction d'algorithme de la multiplication : Claire Lethielleux - D. Butlen - IREM de Paris VII).

Signalons ici une restriction : il nous semble nécessaire d'utiliser un langage faisant intervenir un certain nombre d'ordres à donner à la machine pour que l'élève réalise cette action.

. Ce dernier nécessite un apprentissage (apprentissage se rajoutant à ceux jugés indispensables pour l'école élémentaire), qui peut s'avérer coûteux voir inutile. Nous avons déjà signalé que la situation n°1 semble montrer que

les difficultés dues à la maîtrise de ce langage ne sont pas insurmontables. De même les expériences faites sur l'apprentissage du langage LOGO semblent montrer que l'apprentissage d'un nombre important d'ordres à donner à un ordinateur (ainsi que l'apprentissage de leur syntaxe) n'est pas un obstacle déterminant. De plus cet apprentissage même peut être producteur dans l'apprentissage de la géométrie (une recherche approfondie sur ce sujet reste toutefois à effectuer.

3°) Quelques restrictions portant sur l'usage de l'ordinateur

Nous en avons déjà signalé, une ci-dessus.

* Nous pensons, bien que notre expérience ne porte pas sur ce point, qu'il est nécessaire d'insérer les activités utilisant un didacticiel, dans un contexte interactif (comme c'est le cas pour la situation n°1) avec les autres activités faites en classe. Il ne peut y avoir simple juxtaposition de ces différentes activités. Et, a fortiori, l'ordinateur ne peut être utilisé seulement pour des "exercices de musculation" comme c'est trop souvent le cas pour les produits diffusés sur le marché actuellement.

* De plus, pour être productif de connaissances, un didacticiel ne doit pas se contenter de mettre l'élève en situation de répondre seul à la demande de l'ordinateur mais l'ordinateur doit être aussi capable d'entrer en dialogue argumenté avec l'élève. Notons que les situations 1 et 2 ne remplissent que partiellement à cette condition.

Une telle utilisation de l'outil informatique soulève alors de nombreux problèmes de gestion de la situation.

* Il est toutefois possible d'utiliser les didacticiels dans les activités individuelles de renforcement.

4°) Quelques pistes de recherches

L'introduction d'un ordinateur provoque des modifications dans la gestion des activités de classe, dans les rapports enseignant-enseigné-savoir notamment en ce qui concerne

- la forme du travail (passage d'activités individuelles à des activités collectives);

- l'intervention du maître;

- les processus de validation;
- la place et la gestion des conflits socio-cognitifs;
- le caractère dynamique et novateur (et sans doute éphémère) provenant de l'utilisation d'un nouvel outil dont les médias assurent la publicité;
- le rôle joué par l'existence d'une certaine compétition entre l'élève et la machine ...

Nous avons essayé de répondre à certaines de ces questions lors de la situation n°2. Il ne nous est malheureusement pas possible de conclure de façon certaine. Les questions restent ouvertes.

De même, il nous est difficile d'évaluer, compte tenu de la faiblesse des effectifs testés, l'impact de ce nouvel outil sur les élèves en difficulté ou provenant de classes sociales défavorisées. Cela fera l'objet d'une recherche ultérieure.

Nous avons déjà signalé la possibilité d'utiliser l'ordinateur comme aide au calcul, dans la résolution d'un problème, cet aspect sera une piste de travail pour l'équipe informatique/école élémentaire de l'IREM de Paris VII.

De même il nous semble intéressant de réfléchir à l'influence que peut avoir un apprentissage de la programmation structurée dans la résolution de problèmes mathématiques. L'introduction du langage LOGO peut s'avérer ici très important et une voie d'accès possible à l'initiation à la programmation structurée.

Il nous semble important de réfléchir à l'utilisation de l'informatique dans la formation des maîtres. Cet outil nous paraît précieux pour simuler des séquences d'apprentissage et d'enseignement et pour cerner, dans la gestion de ces dernières variables didactiques (temps, effet de communication, rôle du maître etc ...).

Enfin nous réfléchissons sur les possibilités d'utiliser l'ordinateur comme instrument de communication entre élèves, il nous semble intéressant de voir comment l'accès par un élève au moyen d'ordinateur (branchés en réseau) à des éléments de démonstration ou à des traces écrites ou graphiques de stratégies d'un autre élève, peut influencer sa propre action. Nous essaierons notamment de réfléchir à cette question à propos de l'apprentissage d'algorithme de la multiplication en CE 2 et à propos de l'introduction de la division en CM 1.

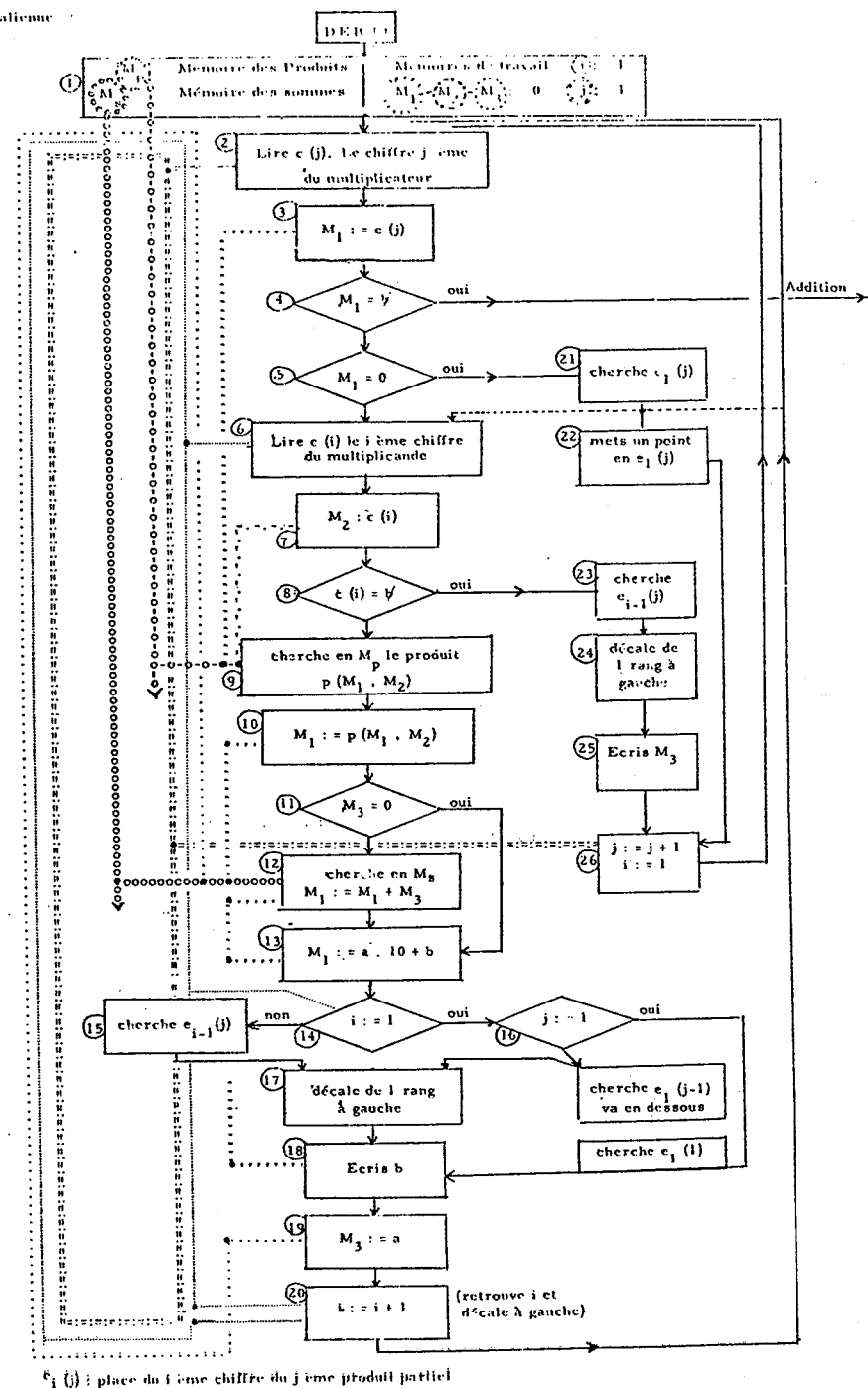
A N N E X E S

ANNEXES PORTANT
SUR LE PREMIER CHAPITRE

ANNEXE I-1 : DOCUMENTS ET TRAVAUX CONSULTÉS

- [1] Jacques LECOCQ - La multiplication des naturels à l'école élémentaire - brochure de l'A.P.M.E.P. Elem Math II.
- [2] J. VIENNOT et M. ARTIGUE - Quelques réflexions à propos de la multiplication. Revue Grand N. CNDP de Grenoble, numéro spécial CE.
- [3] M. ARTIGUE, F. COLMEZ, R. DOUADY, M.-J. PERRIN, J. ROBINET - Nombres à l'école élémentaire. Brochure n°46 de l'I.R.E.M. de Paris VII.
- [4] J. ROGALSKI - A propos de l'acquisition de la bidimensionnalité chez les élèves d'âge pré-scolaire et scolaire. Cahier n°12 de didactique des mathématiques. I.R.E.M. de Paris VII.
- [5] J. ROGALSKI - Enseignement et acquisition de la bidimensionnalité (analyse des effets macroscopiques de l'enseignement). Cahier n°13 de didactique des mathématiques. I.R.E.M. de Paris VII.
- [6] G. DERAMECOURT - Film R.T.S. Répertoire multiplicatif. Atelier de Pédagogie.
- [7] D. DELOR - Film R.T.S. Algorithme de la multiplication. Atelier de Pédagogie.
- [8] G. DERAMECOURT - La multiplication au C.E. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [9] D. COQUIN-VIENNOT - Algorithme et sous-algorithme. Etude du calcul d'un produit par la méthode à l'italienne. Mémoire de DEA - I.R.E.M. de Bordeaux.
- [10] G. BROUSSEAU, M. BOURGEOIS, C. PEZE - La multiplication au C.E. cahier n°10 sur l'enseignement des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [11] N. BROUSSEAU, L. VILLEDIEU, E. FAUCON, G. BROUSSEAU, R. BANNE, J. MAYSONNAVE - Opérations au CM 1. Cahier n°12 sur l'enseignement des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [12] G. BROUSSEAU - L'associativité : l'associativité de la multiplication des entiers naturels. Cahier n°2 sur l'enseignement élémentaire des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.

- [13] G. BROUSSEAU - Recherche sur le calcul numérique à l'école élémentaire. Cahier n°8 sur l'enseignement élémentaire des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [14] G. BROUSSEAU et M. BOURGEOIS - Technique de la multiplication. Cahier n°5 sur l'enseignement élémentaire des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [15] Construction de formules dans (N, x) au CE.1. D. DELOR et G. VINRICH. Cahier n°13 sur l'enseignement des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [16] G. BROUSSEAU - Note sur l'apprentissage des opérations dans IN - Peut-on améliorer le calcul des produits de nombres naturels. Cahier n°13 sur l'enseignement élémentaire des mathématiques. I.R.E.M. de Bordeaux.
- [17] J. PAINCHAULT - Produit de deux naturels et multiplication au CE 1 et au CE 2. I.R.E.M. de Grenoble. Revue Grand IN - CNDP de Grenoble. Numéro spécial CE.



- [1] Programme de Calcul - Arithmétique - Géométrie et Commentaires 1882-1887.
- [2] Manuel de Certificat d'Aptitude Pédagogique - Ed. Brossard - Defardon Hachette 1904.
- [3] Programmes et Instructions Officielles du 20 Juin 1925.
- [4] L'enseignement du calcul à l'école primaire - Rapport de MM. MARIJON et LECOMPTE - Inspecteurs Généraux. 1928.
- [5] Programmes et Instructions Officielles. Arrêtés des 17-10-1945 et 7-12-1945.
- [6] Programmes et Instructions Officielles. Arrêté du 2-1-1970.
- [7] Rapport sur le séminaire de Royaumont. Décembre 1959. Mathématiques Nouvelles. Editions O.E.C.E.
- [8] Programmes et Instructions Officielles. Arrêté du 7 Juillet 1978.
- [9] Rapport de l'enquête I.N.R.P. Mathématiques - liaison CM 2 - 6ème. [1982] .

Annexes portant sur le 2ème chapitre

```

3 CLS:SCREEN 1,0,0
4 'INITIALISATION
50 DATA 7,10,19,10,19,10,19,10,19,10,19,
10,19,10,19
25 READ NG
27 DIM N1(NG):DIM N2(NG)
30 FOR I=1 TO NG:READ N1(I),N2(I):NEXT I
40 F=2:O=2:DX=40:DY=20
45 E1="DONNE UNE COMMANDE ":E2="TU N'A
5 PAS RESPECTE LES CODES"
50 'PRISE DU NOM DE L'ENFANT
60 EC="DONNE TON NOM ET APPUIE SUR ENTR
EE":Y1=6:CU=0:GOSUB 3000
70 U=14:V=10:GOSUB 6000
130 'OUVERTURE FICHIER
140 OPEN "O",#1,"RESUL"
145 PRINT #1,"NOM "+REP#
150 'DEBUT
160 FOR G=1 TO NG
165 PRINT #1,"GRILLE "+STR$(G)
170 XX=INT((DX-F*N2(G))/2):YY=INT((DY-Q*
N1(G))/2):CA=6
180 IF R(3)=32 THEN 240
190 R(1)=0:R(2)=0
200 EC=E1+"X"
210 A1=67:A2=76:A3=84:I=1:GOSUB 500
220 IF R(1)=84 THEN 240
230 A1=65:A2=77:A3=80:I=2:EC=E1+"Y":GO
SUB 500
240 EC="GRILLE "+STR$(G):Y1=21:CU=0:GOS
UB 3000
245 T1=300:GOSUB 2000:CLS
250 IF R(1)=67 THEN V1=XX:V2=V1+F*(N2(G)
-1):W1=YY:W2=W1+Q*(N1(G)-1):L=P:H=Q ELS
E V1=YY:V2=V1+Q*(N1(G)-1):W1=XX:W2=W1+F*
(N2(G)-1):L=Q:H=P
260 CA=6:GOSUB 1000
270 IF S=1 THEN S=0:GOTO 250
275 T1=5000:GOSUB 2000:CLS
300 IF G=NG THEN Y1=10:CU=0:EC="C'EST F
INI":GOSUB 3000:GOTO 360
310 A1=32:A2=78:I=3:EC=E1+"Z":GOSUB 50
0
360 NEXT G
365 CLOSE #1
370 END
500 'OPTION
501 COLOR 1
502 LOCATE 0,21,1:PRINT EC
520 LOCATE 0,22,1:REP#=INPUT$(1):R=ASC(R
EP#)
525 IF I=3 THEN A3=R-1:PRINT REP#:GOTO 3
60
530 IF (R=32 AND R(2)=77) AND E=0 THEN P
RINT #1,"CONTINUE":GOTO 620
540 PRINT REP#
560 IF (R-A1)*(R-A2)*(R-A3)<0 THEN EC=E
2:GOSUB 4000:GOTO 520
570 IF R(2)=0 OR I=3 THEN 610

```

```

580 IF R(1)=R THEN EC="C'EST CE QUE TU
ES EN TRAIN DE FAIRE":GOSUB 4000:GOTO 52
0
590 IF R=69 THEN E=1:PRINT #1,"EFFACE":G
OTO 520
600 S=1:Y=W2:X=V2
610 R(I)=R:T1=300:GOSUB 2000:CONSOLE 21
,24:CLS:CONSOLE 0,24
615 PRINT #1,"CHOIX "+STR$(I)+" "+RE
P#
620 RETURN
1000 'AFFICHAGE D'UNE GRILLE
1010 IF R(1)=84 THEN LOCATE 0,21:PRINT"P
ATIENCE!":CA=0
1020 COLOR CA
1030 FOR X=V1 TO V2 STEP L
1040 FOR Y=W1 TO W2 STEP H
1050 IF R(1)=67 THEN LOCATE X,Y,0 ELSE L
OCATE Y,X,0
1060 PRINT"#";
1070 IF R(2)=65 AND Y=W1 THEN T1=300:GO
SUB 2000:GOTO 1100
1080 IF R(2)=77 AND Y=W1 THEN A1=67:A2=6
9:A3=76:I=1:EC=E1+"I":GOSUB 500:COLOR
6
1090 IF E=1 THEN E=0:CONSOLE 0,20:CLS:CO
NSOLE 0,24
1100 NEXT Y
1110 NEXT X
1120 IF R(1)=84 THEN CONSOLE 0,20:SCREEN
6:CONSOLE 0,24
1125 COLOR 1
1130 RETURN
2000 FOR T=1 TO T1:NEXT T:RETURN
3000 'CENTRAGE ECRITURE
3010 X1=INT((40-LEN(EC))/2)
3020 LOCATE X1,Y1,CU:PRINT EC#
3030 RETURN
4000 'MESSAGE ERREUR
4020 Y1=23:CU=0:GOSUB 3000
4030 T1=500:GOSUB 2000
4040 CONSOLE 22,24:CLS
4050 CONSOLE 0,24
4060 RETURN
6000 'ENTREE REPONSE
6020 REP#="":IS=0:S#="":LOCATE U,V,1
6025 IF INKEY#<>" " THEN GOTO 6025
6030 S#=INKEY#
6050 IF S#="" THEN 6030
6060 IF ASC(S#)=8 AND IS<>0 THEN IS=IS-1
:REP#=LEFT$(REP#,LEN(REP#)-1):LOCATE U+
IS,V:GOTO 6030
6070 IF ASC(S#)=8 THEN 6020
6080 IF ASC(S#)=13 THEN 6120
6090 LOCATE U+IS,V:PRINTS#
6100 IS=IS+1:REP#=REP#+S#
6110 S#="":GOTO 6030
6120 T1=500:GOSUB 2000:CLS
6130 RETURN

```


COMMANDES X

[L] LA MACHINE AFFICHE LA GRILLE LIGNE PAR LIGNE

[C] LA MACHINE AFFICHE LA GRILLE COLONNE PAR COLONNE

[T] LA MACHINE AFFICHE LA GRILLE TOUT D'UN COUP

COMMANDES Y

[A] LA MACHINE AFFICHE TOUTE LA GRILLE AVEC DES ARRETS

[P] LA MACHINE AFFICHE TOUTE LA GRILLE MAIS PAS D'ARRETS

[M] C'EST MOI QUI FAIT AFFICHER LE RESTE DE LA LIGNE OU LE RESTE DE LA COLONNE

COMMANDES I

LA MACHINE AFFICHE LE RESTE DE LA LIGNE OU
LE RESTE DE LA COLONNE

L

LA MACHINE CHANGE , LA MACHINE AFFICHE LIGNE PAR LIGNE

C

LA MACHINE CHANGE , LA MACHINE AFFICHE COLONNE PAR COLONNE

R

LA MACHINE ATTEND MA RÉPONSE

COMMANDES Z

LA MACHINE AFFICHE UNE AUTRE GRILLE DE LA MÊME FAÇON

N

LA MACHINE AFFICHE UNE AUTRE GRILLE DUNE NOUVELLE FAÇON

Listing du Logiciel : RECT D - Annexe II - 5

```

5 CLS:SCREEN 1,0,0
7 'INITIALISATION
20 DATA 7,7,5,6,9,9,6,8,8,7,15,10,11,10,
17
25 READ NG
27 DIM N1(NG):DIM N2(NG)
30 FOR I=1 TO NG:READ N1(I),N2(I):NEXT I
40 F=2:Q=2:DX=40:DY=20
45 E1$="DONNE UNE COMMANDE *E2$="TU N'A
S PAS RESPECTE LES CODES"
50 'PRISE DU NOM DE L'ENFANT
60 EC$="DONNE TON NOM ET APPUIE SUR ENTR
EE":Y1=6:CU=0:GOSUB 3000
70 U=14:V=10:N=1:GOSUB 6000:N=0
130 'OUVERTURE FICHIER
140 OPEN "O",#1,"RESUL"
145 PRINT #1,"NOM "+REP$
150 'DEBUT
160 FOR G=1 TO NG
165 PRINT #1,"GRILLE "+STR$(G)
170 XX=INT((DX-F*N2(G))/2):YY=INT((DY-Q*
N1(G))/2):CA=6
180 IF R(3)=32 THEN 240
190 R(1)=0:R(2)=0
200 EC$=E1$+"X"
210 A1=67:A2=76:A3=84:I=1:GOSUB 500
220 IF R(1)=84 THEN 240
230 A1=65:A2=77:A3=80:I=2:EC$=E1$+"Y":GO
SUB 500
240 EC$="GRILLE "+STR$(G):Y1=21:CU=0:GOS
UB 3000
245 T1=300:GOSUB 2000:CLS
250 IF R(1)=67 THEN V1=XX:V2=V1+F*(N2(G)
-1):W1=YY:W2=W1+Q*(N1(G)-1):L=F:H=Q ELS
E V1=YY:V2=V1+Q*(N1(G)-1):W1=XX:W2=W1+F*
(N2(G)-1):L=Q:H=F
260 CA=6:GOSUB 1000
270 IF S=1 THEN S=0:GOTO 250
275 CONSOLE 21,24:CLS:CONSOLE 0,24
276 LOCATE 0,21:PRINT"DONNE TA REPONSE E
T APPUIE SUR ENTREE"
280 U=0:V=22:GOSUB 6000
290 PRINT #1,"REPONSE "+REP$
295 PRINT #1,"TEMPS "+STR$(HOR)
300 IF G=NG THEN Y1=10:CU=0:EC$="C'EST F
INI":GOSUB 3000:GOTO 360
310 A1=32:A2=78:I=3:EC$=E1$+"Z":GOSUB 50
0
360 NEXT G
365 CLOSE #1
370 END
500 'OPTION
501 COLOR 1
502 LOCATE 0,21,1:PRINT EC$
520 LOCATE 0,22,1:REP$=INPUT$(1):R=ASC(R
EP$)
525 IF I=3 THEN A3=R-1:PRINT REP$:GOTO 5
40
530 IF (R=32 AND R(2)=77) AND E=0 THEN P
RINT #1,"CONTINUE": RETURN
540 PRINT REP$
550 IF R=82 AND R(2)=77 THEN Y=W2:X=V2
:GOTO 610
560 IF (R-A1)*(R-A2)*(R-A3)<0 THEN EC$=
E2$:GOSUB 4000:GOTO 520

```

```

570 IF R(2)=0 OR I=3 THEN 610
580 IF R(1)=R THEN EC$="C'EST CE QUE TU
ES EN TRAIN DE FAIRE":GOSUB 4000:GOTO 52
0
590 IF R=69 THEN E=1:PRINT #1,"EFFACE":G
OTO 520
600 S=1:Y=W2:X=V2
610 R(I)=R:T1=300:GOSUB 2000:CONSOLE 21
,24:CLS:CONSOLE 0,24
615 PRINT #1,"CHOIX "+STR$(I)+" "+RE
P$
620 RETURN
1000 'AFFICHAGE D'UNE GRILLE
1010 IF R(1)=84 THEN LOCATE 0,21:PRINT"P
ATIENCE!":CA=0
1020 COLOR CA
1030 FOR X=V1 TO V2 STEP L
1040 FOR Y=W1 TO W2 STEP H
1050 IF R(1)=67 THEN LOCATE X,Y,0 ELSE L
OCATE Y,X,0
1060 PRINT "E";
1070 IF R(2)=65 AND Y=W1 THEN T1=500:GO
SUB 2000:GOTO 1100
1080 IF R(2)=77 AND Y=W1 THEN A1=67:A2=6
9:A3=76:I=1:EC$=E1$+"I":GOSUB 500:COLOR
6
1090 IF E=1 THEN E=0:CONSOLE 0,20:CLS:CO
NSOLE 0,24
1100 NEXT Y
1110 NEXT X
1120 IF R(1)=84 THEN CONSOLE 0,20:SCREEN
6:CONSOLE 0,24
1125 COLOR 1
1130 RETURN
2000 FOR T=1 TO T1:NEXT T:RETURN
3000 'CENTRAGE ECRITURE
3010 X1=INT((40-LEN(EC$))/2)
3020 LOCATE X1,Y1,CU:PRINT EC$:
3030 RETURN
4000 'MESSAGE ERREUR
4020 Y1=23:CU=0:GOSUB 3000
4030 T1=500:GOSUB 2000
4040 CONSOLE 22,24:CLS
4050 CONSOLE 0,24
4060 RETURN
6000 'ENTREE REPONSE
6010 HOR=0
6020 REP$="":IS=0:S$="":LOCATE U,V,1
6025 IF INKEY$ <> "" THEN GOTO 6025
6030 S$=INKEY$
6035 IF N=1 THEN 6050
6040 HOR=HOR+1:IF HOR=600 THEN Y1=23:EC$
="C'EST TROP TARD":GOSUB 3000:GOTO 6120
6050 IF S$="" THEN 6030
6060 IF ASC(S$)=8 AND IS<>0 THEN IS=IS-1
:REP$=LEFT$(REP$,LEN(REP$)-1):LOCATE U+
IS,V:GOTO 6030
6070 IF ASC(S$)=9 THEN 6020
6080 IF ASC(S$)=13 THEN 6120
6085 IF S$="X" THEN S$="X"
6090 LOCATE U+IS,V:PRINT S$:
6100 IS=IS+1:REP$=REP$+S$
6110 S$="":GOTO 6030
6120 T1=500:GOSUB 2000:CLS
6130 RETURN

```

```

3 CLS:SCREEN 1,0,0
7 'INITIALISATION
20 DATA 7,7,5,6,9,9,6,8,3,7,15,10,11,10,
17
25 READ NG
27 DIM N1(NG):DIM N2(NG)
30 FOR I=1 TO NG:READ N1(I),N2(I):NEXT I
40 F=12:Q=12:DX=320:DY=168
45 E1#="DONNE UNE COMMANDE ":E2#="TU N'A
S PAS RESPECTE LES CODES"
50 'PRISE DU NOM DE L'ENFANT
60 EC#="DONNE TON NOM ET APPUIE SUR ENTR
EE": Y1=6:CU=0:GOSUB 3000
70 U=14:V=10:N=1:GOSUB 6000:N=0
130 'OUVERTURE FICHIER
140 OPEN "O",#1,"RESUL"
145 PRINT #1,"NOM "+REP#
150 'DEBUT
160 FOR G=1 TO NG
165 PRINT #1,"GRILLE "+STR$(G)
170 XX=INT((DX-F*N2(G))/2):YY=INT((DY-Q*
N1(G))/2):CA=6
180 IF R(3)=32 THEN 240
190 R(1)=0:R(2)=0
200 EC#=E1#+"X"
210 A1=67:A2=76:A3=84:I=1:GOSUB 500
220 IF R(1)=84 THEN 240
230 A1=65:A2=77:A3=80:I=2:EC#=E1#+"Y":GO
SUB 500
240 EC#="GRILLE "+STR$(G):Y1=21:CU=0:GOS
UB 3000
245 T1=300:GOSUB 2000:CLS
250 IF R(1)=67 THEN V1=XX:V2=V1+F*(N2(G)
-1):W1=YY:W2=W1+Q*(N1(G)-1):L=F:H=Q ELS
E V1=YY:V2=V1+Q*(N1(G)-1):W1=XX:W2=W1+F*
(N2(G)-1):L=Q:H=F
260 CA=6:GOSUB 1000
270 IF S=1 THEN S=0:GOTO 250
275 CONSOLE 21,24:CLS:CONSOLE 0,24
276 LOCATE 0,21:PRINT"DONNE TA REPONSE,A
PPIUE SUR ENTREE"
280 U=0:V=22:GOSUB 6000
290 PRINT #1,"REPONSE "+REP#
295 PRINT #1,"TEMPS "+STR$(HOR)
300 IF G=NG THEN Y1=10:CU=0:EC#="C'EST F
INI":GOSUB 3000:GOTO 360
310 A1=32:A2=78:I=3:EC#=E1#+"Z":GOSUB 50
0
360 NEXT G
365 CLOSE #1
370 END
500 'OPTION
501 COLOR 1
502 LOCATE 0,21,1:PRINT EC#
520 LOCATE 0,22,1:REP#=INPUT$(1):R=ASC(R
EP#)
525 IF I=3 THEN A3=R-1:PRINT REP#:GOTO 5
60
530 IF (R=32 AND R(2)=77) AND E=0 THEN P
RINT #1,"CONTINUE": RETURN
540 PRINT REP#
550 IF R=82 AND R(2)=77 THEN Y=W2:X=V2
:GOTO 610
560 IF (R-A1)*(R-A2)*(R-A3)<0 THEN EC#=
E2#:GOSUB 4000:GOTO 520
570 IF R(2)=0 OR I=3 THEN 610

```

```

580 IF R(1)=R THEN EC#="C'EST CE QUE TU
ES EN TRAIN DE FAIRE":GOSUB 4000:GOTO 52
0
590 IF R=69 THEN E=1:PRINT #1,"EFFACE":G
OTO 520
600 S=1:Y=W2:X=V2
610 R(I)=R :T1=300:GOSUB 2000:CONSOLE 21
,24:CLS:CONSOLE 0,24
615 PRINT #1,"CHOIX "+STR$(I)+" "+RE
P#
620 RETURN
1000 'AFFICHAGE D'UNE GRILLE
1010 IF R(1)=84 THEN LOCATE 0,21:PRINT"F
ATTIENCE!":CA=0
1020 COLOR CA
1030 FOR X=V1 TO V2 STEP L
1040 FOR Y=W1 TO W2 STEP H
1050 IF R(1)=67 THEN BOX(X,Y)-(X+F,Y+Q)
ELSE BOX(Y,X)-(Y+F,X+Q)
1070 IF R(2)=65 AND Y=W1 THEN T1=300:GO
SUB 2000:GOTO 1100
1080 IF R(2)=77 AND Y=W1 THEN A1=67:A2=6
9:A3=78:I=1:EC#=E1#+"I":GOSUB 500:COLOR
6
1090 IF E=1 THEN E=0:CONSOLE 0,20:CLS:CO
NSOLE 0,24
1100 NEXT Y
1110 NEXT X
1120 IF R(1)=84 THEN CONSOLE 0,20:SCREEN
6:CONSOLE 0,24
1125 COLOR 1
1130 RETURN
2000 FOR T=1 TO T1:NEXT T:RETURN
3000 'CENTRAGE ECRITURE
3010 X1=INT((40 -LEN(EC#))/2)
3020 LOCATE X1,Y1,CU:PRINT EC#
3030 RETURN
4000 'MESSAGE ERREUR
4020 Y1=23:CU=0:GOSUB 3000
4030 T1=500:GOSUB 2000
4040 CONSOLE 22,24:CLS
4050 CONSOLE 0,24
4055 PRINT #1,"ERREUR "+REP#
4060 RETURN
6000 'ENTREE REPONSE
6010 HOR=0
6020 REP#="" :IS=0:S#="" :LOCATE U,V,1
6025 IF INKEY# <> "" THEN GOTO 6025
6030 S#=INKEY#
6035 IF N=1 THEN 6050
6040 HOR=HOR+1:IF HOR=600 THEN Y1=23:EC#
="C'EST TROP TARD":GOSUB 3000:GOTO 6120
6050 IF S#="" THEN 6030
6060 IF ASC(S#)=8 AND IS<>0 THEN IS=IS-1
:REP#<=LEFT$(REP#,LEN(REP#)-1):LOCATE U+
IS,V:GOTO 6030
6070 IF ASC(S#)=8 THEN 6020
6080 IF ASC(S#)=13 THEN 6120
6085 IF S#="X" THEN S#="X"
6090 LOCATE U+IS,V:PRINTS#
6100 IS=IS+1:REP#=REP#+S#
6110 S#="" :GOTO 6030
6120 T1=500:GOSUB 2000:CLS
6130 RETURN

```

A 20x20 grid of 400 small, stylized, handwritten 'x' marks, arranged in a regular pattern. The marks are black and appear to be made with a pen or marker, giving them a slightly irregular, hand-drawn appearance. They are distributed evenly across the grid, with some variations in orientation and size, suggesting they might be generated by a simple algorithm or a human using a template. The background is white, and the overall image has a high-contrast, pixelated look.

John ~~424~~
Lament 2-0

T. x. l.
 T. x. l.
 T. x. l.
 T. x. l.

Jamila.
Mami
Stéphanie

Jean-pierre.
Elise

$$.97 \times 16$$
$$16 \times 2 = 32$$

21
x 1E

name

giraffine
Carine


```

1 'POST TEST
5 CLS:SCREEN 1,0,0
7 'INITIALISATION
20 DATA 5,11,15,9,9,12,11,13,13,13,17
25 READ NG
27 DIM N1(NG):DIM N2(NG)
30 FOR I=1 TO NG:READ N1(I),N2(I):NEXT I
40 P=12:Q=12:DX=320:DY=168
45 E1#="APPUIE SUR T":E3#="TU N'AS PAS
RESPECTE LES CODES":E2#="APPUIE SUR LA B
ARRE ESPACE"
50 'PRISE DU NOM DE L'ENFANT
60 EC#="DONNE TON NOM ET APPUIE SUR ENTR
EE":Y1=4:CU=0:GOSUB 3000
70 U=14:V=10:N=1:GOSUB 6000:N=0
130 'OUVERTURE FICHIER
140 OPEN "Q",#1,"RESUL"
145 PRINT #1,"NOM "+REP#
150 'DEBUT
160 FOR G=1 TO NG
165 PRINT #1,"GRILLE "+STR$(G)
170 XX=INT((DX-P*N2(G))/2):YY=INT((DY-Q*
N1(G))/2):CA=6
180 IF R(3)=32 THEN 240
190 R(1)=0
200 EC#=E1#
210 A3=84:I=1:GOSUB 500
240 EC#="GRILLE "+STR$(G):Y1=21:CU=0:GOS
UB 3000
245 T1=300:GOSUB 2000:CLS
250 V1=XX:V2=V1+P*(N2(G)-1):W1=YY:W2=W1+
Q*(N1(G)-1):L=P:H=Q
260 GOSUB 1000
275 CONSOLE 21,24:CLS:CONSOLE 0,24
276 LOCATE 0,21:PRINT"DONNE TA REPONSE,A
PPUIE SUR ENTREE"
280 U=0:V=22:GOSUB 6000
290 PRINT #1,"REPONSE "+REP#
295 PRINT #1,"TEMPS "+STR$(HOR)
300 IF G=NG THEN Y1=10:CU=0:EC#="C'EST F
INT":GOSUB 3000:GOTO 360
310 A1=32:I=3:EC#=E2#:GOSUB 500
360 NEXT G
365 CLOSE #1
370 END
500 'OPTION
501 COLOR 1
502 LOCATE 0,21,1:PRINTEC#
520 LOCATE 0,22,1:REP#=INPUT$(1):R=ASC(R
EP#)
525 IF I=3 THEN A3=R-1:PRINTREP#:GOTO 5
60
540 PRINTREP#

```

```

560 IF (R-A1)*(R-A3)<>0 THEN EC#=E3#:GOS
UB 4000:GOTO 520
570 IF I=3 THEN 610
610 R(I)=R:T1=300:GOSUB 2000:CONSOLE 21
,24:CLS:CONSOLE 0,24
615 PRINT #1,"CHOIX "+STR$(I)+" "+RE
P#
620 RETURN
1000 'AFFICHAGE D'UNE GRILLE
1010 IF R(1)=84 THEN LOCATE 0,21:PRINT"F
ATIENNE!":CA=0
1020 COLOR CA
1030 FOR X=V1 TO V2 STEP L
1040 FOR Y=W1 TO W2 STEP H
1050 BOX(X,Y)-(X+P,Y+Q)
1100 NEXT Y
1110 NEXT X
1120 CONSOLE 0,20:SCREEN6:CONSOLE 0,24
1125 COLOR 1
1130 RETURN
2000 FOR T=1 TO T1:NEXT T:RETURN
3000 'CENTRAGE ECRITURE
3010 X1=INT((40-LEN(EC#))/2)
3020 LOCATE X1,Y1,CU:PRINT EC#
3030 RETURN
4000 'MESSAGE ERREUR
4020 Y1=23:CU=0:GOSUB 3000
4030 T1=500:GOSUB 2000
4040 CONSOLE 22,24:CLS
4050 CONSOLE 0,24
4055 PRINT#1,"ERREUR "+REP#
4060 RETURN
6000 'ENTREE REPONSE
6010 HOR=0
6020 REP#="":IS=0:S#="":LOCATE U,V,1
6025 IF INKEY# <> "" THEN GOTO 6025
6030 S#=INKEY#
6035 IF N=1 THEN 6050
6040 HOR=HOR+1:IF HOR=600 THEN Y1=23:EC#
="C'EST TROP TARD":GOSUB 3000:GOTO 6120
6050 IF S#="" THEN 6030
6060 IF ASC(S#)=8 AND IS<>0 THEN IS=IS-1
:REP#=LEFT$(REP#,LEN(REP#)-1):LOCATE U+
IS,V:GOTO 6030
6070 IF ASC(S#)=8 THEN 6020
6080 IF ASC(S#)=13 THEN 6120
6085 IF S#="X" THEN S#="X"
6090 LOCATE U+IS,V:PRINTS#
6100 IS=IS+1:REP#=REP#+S#
6110 S#="":GOTO 6030
6120 T1=500:GOSUB 2000:CLS
6130 RETURN

```

ANNEXES PORTANT
SUR LE CHAPITRE III

Annexe III - 1

POUR EFFACER LA TACHE , APPUIE SUR E

POUR RÉPONDRE , APPUIE SUR R

DONNE TA REPONSE SOUS LA FORME D'UNE
ECRITURE MULTIPLICATIVE

Annexe III - 3 - Listing du Logiciel TACHE

```

10 CLS:SCREEN 1,0,0
20 'INITIALISATION
30 DATA 7,18,15,10,13,14,10,21,11,10,16,
17,10,13,11,9,15,15,8,17,13,6
40 READ NC
50 DIM NC(NG):DIM NL(NG),T(25,19),SCORE(
NG)
60 FOR I=1 TO NG:READ NC(I),NL(I),MAX(I)
:NEXT I
100 'PRISE DU NOM
110 EC#="DONNE TON NOM ET APPUIE SUR ENT
REE":Y1=4:GOSUB 6000
120 U=14:V=13:GOSUB 20000
200 'OUVERTURE FICHER
210 OPEN "O",#1,"RESUL"
220 PRINT #1,"NOM "+REP#
300 'DEBUT
305 CLS:SCREEN1,2,0:ATTRB1,1:LOCATE 7,3,
0:PRINT "MODE D'EMPLOI":ATTRB0,0:COLOR 4
:Y1=9:EC#="POUR EFFACER LA TACHE,APPUIE
SUR'E":GOSUB 6000:Y1=16:EC#="POUR REPOND
RE,APPUIE SUR'R":GOSUB 6000:CF=2000:GOSU
B 5000:CLS:SCREEN1,0,0
310 FOR G=1 TO NG
315 FOR I=1 TO 25:FOR J=1 TO 19:T(I,J)=0
:NEXT J:NEXT I:CLS
320 PRINT #1,"GRILLE "+STR$(G):GOSUB 1
0330
340 B=0:GOSUB 10400
470 CONSOLE 19,24:CLS:LOCATE 0,21,0:ATTR
B1,1:PRINT "COMMENCE":CF=400:GOSUB 5000:
CLS:CONSOLE 0,24:ATTRB0,0
500 'AFFICH CLAVIER
505 SCORE(G)=10:GOSUB 1000
510 CONSOLE 19,24:CLS:LOCATE 0,21,1:REP#
=INPUT$(1):PRINT REP#:RS=ASC(REP#):CONSO
LE 0,24
520 IF RS=69 THEN 600
530 IF RS=82 THEN 700 ELSE GOSUB 3000:GO
TO 510

```

```

600 'CASE
605 LOCATE0,23,0:COLOR 5:PRINT"PATIENCE"
:COLOR 1
610 FOR I=1 TO NC(G)
620 FOR J=1 TO NL(G)
630 IF T(I,J)<>1 THEN 691
640 IF T(I-1,J)=0 AND I-1>=1 THEN LOCATE
I-1,J,0:PRINT"X":T(I-1,J)=2:GOTO 691
650 IF T(I,J-1)=0 AND J-1>=1 THEN LOCATE
I,J-1,0:PRINT"X":T(I,J-1)=2:GOTO 691
660 IF T(I-1,J-1)=0 AND I-1>=1 AND J-1>=
1 THEN LOCATE I-1,J-1,0:PRINT"X":T(I-1,J
-1)=2:GOTO 691
670 IF T(I+1,J)=0 AND I+1<=NC(G) THEN LO
CATE I+1,J,0:PRINT"X":T(I+1,J)=2:GOTO 69
1
680 IF T(I,J+1)=0 AND J+1<=NL(G) THEN LO
CATE I,J+1,0:PRINT"X":T(I,J+1)=2:GOTO 69
1
690 IF T(I+1,J+1)=0 AND I+1<=NC(G) AND J
+1<=NL(G) THEN LOCATE I+1,J+1,0:PRINT"X"
:T(I+1,J+1)=2
691 NEXT J
692 NEXT I
695 FOR I=1 TO NC(G):FOR J=1 TO NL(G):IF
T(I,J)=2 THEN T(I,J)=1
696 NEXT J
697 NEXT I
698 SCORE(G)=SCORE(G)-1:GOSUB 1000:GOTO
510
700 'CAS R
710 ANAL=0:CONSOLE 19,24:CLS:LOCATE 0,20
:PRINT"DONNE TA REPONSE ET APPUIE SUR EN
TREE":U=0:V=21:GOSUB 20000:GOSUB 7000:CO
NSOLE 0,24
715 IF ANAL=1 THEN GOTO 710
720 PRINT #1,"REPONSE "+REP#
730 PRINT #1,"SCORE "+STR$(SCORE(G))
740 GOSUB 4000
900 NEXT G
901 CLS:FOR I=1 TO NG
902 EC#="POUR LA GRILLE "+STR$(I)+" TO
N SCORE EST "+STR$(SCORE(I)):LOCATE 0,3
:PRINT EC#:COLOR 4:PRINT"LE SCORE DE
L'ORDINATEUR EST "+STR$(MAX(I)):COLOR
1
903 NEXT I
904 CF=6000:GOSUB 5000
905 CLS:Y1=10:EC#="C'EST FINI":GOSUB 600
0
910 CLOSE #1:END
1000 'SCORE
1010 BOXF(208,32)-(304,80),-3:BOX(208,32
)-(312,80):ATTRB1,1:LOCATE 28,6,0:PRINT
SCORE(G):ATTRB 0,0
1020 RETURN

```

```

2000 'CORRECTION
2005 CONSOLE0,24:CLS:SCREEN1,2,0:EC$="RE
GARDE":ATTRB1,1:LOCATE 13,10,0:PRINT EC$
:ATTRB 0,0:CP=3000:GOSUB 5000:CLS:SCREEN
1,0,0:IB=1
2010 FOR I=1 TO NC(G):FOR J=1 TO NL(G):T
(I,J)=0:NEXT J:NEXT I
2020 GOSUB 10330:GOSUB 10400
2030 LOCATE 0,20,0:PRINT"LA GRILLE A " +
STR$(NC(G))+ " X "+STR$(NL(G))+ " CRO
IX"
2040 LOCATE 0,22,0:COLOR 4:PRINT"FOUR CE
TTE GRILLE,LE SCORE DE":PRINT"L'ORDINATE
UR EST : "+STR$(MAX(G)):COLOR 1
2050 CP=3000:GOSUB 5000:RETURN
3000 'MESSAGE ERREUR
3005 PRINT #1,"ERREUR"
3010 CONSOLE 19,24:CLS:ATTRB1,1:LOCATE 0
,22,0:PRINT "APPUIE SUR E OU R !!":CP=40
0:GOSUB 5000:ATTRB 0,0:RETURN
4000 'VALID
4005 D=NC(G)*NL(G):IF REP$="" THEN 4500
4010 IF VAL(G$)*VAL(D$)=D THEN GOTO 4200
ELSE GOTO 4800
4200 CONSOLE 19,24:COLOR 5:LOCATE0,22,0:
PRINT"BRAVO":PRINT"TON SCORE EST: "+STR$
(SCORE(G)):CP=1000:GOSUB 5000:CONSOLE 0,
24:COLOR 1
4205 IF SCORE(G)<MAX(G) THEN GOSUB 2000
4210 RETURN
4500 GOSUB 2000:GOTO 4210
4800 'VALIDN
4810 CONSOLE 19,24:CLS:COLOR 5:PRINT"NON
,LA GRILLE N'A PAS "+REP$+ " CROIX":PR
INT"TON SCORE EST: 0 ":SCORE(G)=0:GOSUB
1000:CP=4000:GOSUB 5000:COLOR 1:GOSUB 20
00
4814 NL1=VAL(D$):NC1=VAL(G$)
4817 IF (NL(G)-NC(G))*NL1-NC1>=0 THEN
I=NL1:NL1=NC1:NC1=I
4819 IF NC1>23 OR NL1>25 THEN GOTO 4900
4820 CONSOLE 19,24:CLS:LOCATE 0,20,0:COL
OR 4:PRINT"REGARDE!":COLOR 5:PRINT"UNE G
RILLE CORRESPONDANT A TA REPONSE EST D
ESSINEE EN BLEU":COLOR 1:CONSOLE 0,24:CO
LOR 4
4830 FOR I=1 TO NL1
4840 FOR J=1 TO NC1:LOCATE I,J,0:PRINT"X
"
4850 NEXT J
4860 NEXT I:CP=3000:GOSUB 5000
4880 COLOR 1:GOTO 4210
4900 CONSOLE 20,24:CLS:COLOR 4:PRINT" LE
S GRILLES CORRESPONDANT A TA REPONSE SO
NT TROP GRANDES,L'ORDINATEUR NE PEUT FA
S LES DESSINER":CP=5000:GOSUB 5000:CONSO
LE0,24:CLS:COLOR 1:PRINT#1,"GRILLE TROP
GRANDE":GOTO 4210
5000 'COMPTEUR
5010 FOR CC=0 TO CP:NEXTCC:RETURN
6000 'CENTRAGE ECRITURE
6010 X1=INT((40-LEN(EC$))/2)
6020 LOCATE X1,Y1,0:PRINT EC$
6030 RETURN

```

```

7000 'ANAL REP
7010 D$="":S$="":VA$=REP$:G$="":IS=0
7015 IF REP$="" THEN 7400
7020 IS=IS+1:IF IS>LEN(VA$)THEN 7190 ELS
E A$=LEFT$(REP$,1):REP$=RIGHT$(REP$,LEN(
REP$)-1)
7030 IF ASC(A$)=32 THEN GOTO 7020
7040 IF A$="X" THEN S$=A$:GOTO 7100
7050 IF A$="0" OR A$="1" OR A$="2" OR A$
="3" OR A$="4" OR A$="5" OR A$="6" OR A$
="7" OR A$="8" OR A$="9" THEN D$=D$+A$ E
LSE GOTO 7300
7080 GOTO 7020
7100 IF D$="" THEN D$="1"
7110 IS=IS+1:IF IS>LEN(VA$) THEN 7190 EL
SE A$=LEFT$(REP$,1):REP$=RIGHT$(REP$,LEN
(REP$)-1)
7120 IF ASC(A$)=32 THEN 7110
7150 IF A$="0" OR A$="1" OR A$="2" OR A$
="3" OR A$="4" OR A$="5" OR A$="6" OR A$
="7" OR A$="8" OR A$="9" THEN G$=G$+A$ E
LSE GOTO 7300
7180 GOTO 7110
7190 IF G$="" THEN G$="1"
7200 REP$=VA$
7210 RETURN
7300 CLS:LOCATE0,20,0:PRINT"IL FAUT DONN
ER TA REPONSE SOUS LA FORME D'UNE ECRITU
RE MULTIPLICATIVE":CP=2400:GOSUB 5000:AN
AL=1:PRINT#1,"ERREUR 1":GOTO 7210
7400 CLS:LOCATE0,20,0:PRINT"TU N'AS PAS
SU REPONDRE":PRINT #1,"VIDE":PRINT"TON S
CORE EST: 0":SCORE(G)=0:GOSUB 1000:CP=14
00:GOSUB 5000:GOTO 7210
10330 ON G GOSUB 11000,12000,13000,15000
,16000,17000,18000:RETURN
10400 'AFFICH GRILLE INITIALE
10410 Y1=20:EC$="GRILLE "+STR$(G):GOSU
B 6000:CP=300:GOSUB 5000:CONSOLE 19,24:CL
S:CONSOLE 0,24:BOX(8,8)-((NC(G)+1)*8,(N
L(G)+1)*8),5
10420 FOR I=1 TO NC(G)
10430 FOR J=1 TO NL(G)
10440 IF T(I,J)=1 THEN LOCATE I,J,0:PRIN
T "X":GOTO 10450
10445 IF B=1 AND T(I,J)=0 THEN LOCATE I,
J,0:COLOR 5:PRINT"X":COLOR 1
10450 NEXT J
10460 NEXT I:RETURN
11000 'GRILLE1
11002 MIN=0
11010 FOR Z=1 TO 13:T(Z,1)=1:T(Z,15)=1:N
EXT Z
11020 FOR ZZ=2 TO 14:T(1,ZZ)=1:T(18,ZZ)=
1:NEXTZZ
11030 FOR K=4 TO 7:T(K,2)=1:T(K+2,13)=1:
T(K+2,14)=1:NEXT K
11040 FOR KK=5 TO 9:T(17,KK)=1:NEXT KK
11050 FOR E=6 TO 8:T(2,E)=1:NEXT E
11060 RETURN
12000 'GRILLE2
12002 MIN=0
12010 FOR Z=1 TO 13:T(Z,1)=1:NEXT Z
12020 FOR ZZ=2 TO 14:T(1,ZZ)=1:NEXT ZZ
12030 RETURN

```

```
13000 'GRILLE3
13002 MIN=0:T(21,1)=1:ZZ1=1
13010 FOR Z=11 TO 2 STEP -1
13020 FOR ZZ=ZZ1 TO ZZ1+2
13030 T(ZZ,Z)=1
13040 NEXT ZZ:ZZ1=ZZ1+2
13050 NEXT Z
13060 RETURN
15000 'GRILLE4
15002 MIN=0
15010 FOR Z=1 TO 10:T(Z,1)=1:T(1,7+Z)=1:
NEXT Z
15020 FOR ZZ=1 TO 7:T(16,ZZ)=1:T(9+ZZ,17
)=1:NEXT ZZ
15030 T(14,1)=1:T(15,1)=1:T(16,14)=1:T(1
6,15)=1:T(16,16)=1
15040 RETURN
16000 'GRILLE5
16002 MIN=1
16010 FOR Z=1 TO 6:T(Z,1)=1:T(Z,11)=1:NE
XT Z
16020 FOR ZZ=1 TO 7:T(13,ZZ)=1:NEXT ZZ
16030 FOR K=9 TO 13:T(K,11)=1:NEXT K
16040 FOR E=9 TO 10:T(1,E)=1:T(13,E)=1:T
(E,1)=1:NEXT E
16050 FOR EE=2 TO 5:T(1,EE)=1:NEXT EE
16060 RETURN
17000 'GRILLE6
17002 MIN=8
17010 FOR Z=1 TO 9:T(Z,1)=1:T(1,Z)=1:T(Z
,14)=1:T(Z,15)=1:NEXT Z
17020 FOR ZZ=1 TO 2:T(13+ZZ,1)=1:T(5,ZZ+
1)=1:T(ZZ+7,13)=1:NEXT ZZ
17030 RETURN
18000 'GRILLE7
18002 MIN=2
18010 FOR Z=11 TO 13:FOR ZZ=1 TO 3:T(ZZ,
Z)=1:NEXT ZZ:NEXT Z
18020 FOR E=4 TO 7:FOR EE=9 TO 10:T(E,EE
)=1:NEXT EE:NEXT E
18030 FOR K=9 TO 12:FOR KK=5 TO 7:T(K,KK
)=1:T(K+5,KK+4)=1:NEXT KK:NEXT K
18040 RETURN
20000 'ENTREE REPONSE
20010 REP$="":SS=0:S$="":LOCATE U,V,1
20015 IF INKEY$ <> "" THEN GOTO 20015
20020 S$=INKEY$
20025 IF S$="" THEN 20020
20030 IF ASC(S$)=8 AND SS<>0 THEN SS=SS-
1:REP$=LEFT$(REP$,LEN(REP$)-1):LOCATE U+
SS,V:PRINT#1,"ERREUR 0":GOTO 20020
20040 IF ASC(S$)=8 THEN PRINT#1,"ERREUR
0":GOTO 20010
20050 IF ASC(S$)=13 THEN 20100
20060 IF S$="X" THEN S$="X"
20070 LOCATE U+SS,V:PRINT S$
20080 SS=SS+1:REP$=REP$+S$
20090 S$="":GOTO 20020
20100 CP=500:GOSUB 5000
20110 RETURN
```

Pour tout renseignement sur les publications diffusées par notre IREM,

Vous pouvez soit :

Consulter notre site WEB

<http://www.ccr.jussieu.fr/iremParis7/welcome.html>

Demander notre catalogue en écrivant à

IREM Université Paris 7

Case 7018

2 place Jussieu

75251 Paris cedex 05

Editeur : IREM
Université PARIS VII
Directeur responsable de la
publication : R. CORI
2 Place Jussieu. Case 7018
75251 PARIS Cedex 05
Dépôt légal : Juin 1985
ISBN : 2-86612-054-X